

## MEMOIRE DE MASTER 1

Restructuration et enrichissement du Système d'Information de  
la société Cérés Flore.

Rédigé par : Kodjo Elom Ezéchiel AMETOVENA

M1 Géomatique et Conduite de Projets Territoriaux

Année académique : 2024 - 2025

Responsable de mémoire : Cyrille GENRE-GRANDPIERRE

Entreprise commanditaire : Cérés Flore

## MEMOIRE DE MASTER 1

Sujet : Restructuration et enrichissement du SI de la société  
Cères Flore.

Rédigé par : AMETOVENA Kodjo Elom Ezéchiél

M1 Géomatique et Conduite de Projets Territoriaux

Année académique : 2024 - 2025

Responsable de mémoire : Cyrille GENRE-GRANDPIERRE

Entreprise commanditaire : Cères Flore

Je, soussigné Kodjo Elom Ezéchiél AMETOVENA, certifie que le contenu de ce mémoire est le résultat de mon travail personnel. Je certifie également que toutes les données, tous les raisonnements et toutes les conclusions empruntées à la littérature sont soit exactement recopiés et placés entre guillemets dans le texte, soit spécialement indiqués et référencés dans une liste bibliographique en fin de volume. Je certifie enfin que ce document, en totalité ou pour partie, n'a pas servi antérieurement à d'autres évaluations, et n'a jamais été publié. Les propos indiqués n'engagent que l'auteur.

## **REMERCIEMENT**

La réalisation de ce mémoire a été rendue possible grâce au soutien et à l'implication de plusieurs personnes, que je souhaite remercier.

Je remercie tout d'abord M. Cyrille GENRE GRANDPIERRE, mon directeur de mémoire, pour son encadrement, ses conseils et sa disponibilité tout au long de ce travail.

Je tiens également à exprimer ma gratitude à M. Arnaud MILLION, directeur technique de Cérès Flore, ainsi qu'à ses collègues, pour leur accueil, leur implication et la confiance qu'ils m'ont accordée dans le cadre de ce mémoire.

Merci à mes camarades ABOUSSOU N'dri et DIANÉ Adama pour leur soutien et leur esprit d'entraide tout au long de l'année. Mes remerciements vont aussi à M. Momo-Maurice YUMA KITENGE, géomaticien au Département de Vaucluse, pour ses conseils.

Enfin, je remercie du fond du cœur mes parents pour leur soutien inconditionnel et pour l'éducation qu'ils m'ont transmise.

## SOMMAIRE

REMERCIEMENT.....	III
SOMMAIRE.....	IV
SIGLES ET ACCRONYMES .....	V
Introduction .....	1
1. Présentation et diagnostic du SI de Cérès Flore .....	7
1.1. Fonctionnement de la structure.....	7
1.2. Diagnostic du SI de la structure .....	8
2. Réorganisation du SI de Cérès Flore .....	15
2.1. Les attendus du nouveau système d'information.....	15
2.2. Conception du modèle conceptuel et du modèle logique de données .....	16
2.3. Proposition de Qfield cloud pour garantir la performance du SIG de l'entreprise ....	25
3. Renforcement du SIG de Cérès Flore pour un meilleur fonctionnement opérationnel .....	32
3.1. Le Modèle Numérique de Terrain et ses dérivées.....	33
3.2. Les données climatiques .....	36
3.3. Structuration spatiale des déplacements autour du siège de Cérès Flore .....	39
4. Perspectives d'évolution du système d'information .....	43
4.1. Vers un outil de calcul d'itinéraire pour l'optimisation des déplacements sur le terrain	43
4.2. Vers un cloud indépendant pour mieux sécuriser les données.....	43
4.3. Conception d'une carte en ligne pour mieux communiquer.....	43
4.4. Pérennisation de la démarche SIG .....	44
Conclusion .....	45
Bibliographie .....	46
Webographie.....	47
TABLE DES ILLUSTRATIONS .....	49
Liste des figures.....	49
Listes des tableaux.....	49
Listes des cartes .....	49
TABLE DES MATIERES .....	50

## **SIGLES ET ACCRONYMES**

AOC : Appellation d'Origine Contrôlée

EEE : Espèces Exotiques Envahissantes

EPCI : Établissement public de coopération intercommunale

GIEC : Groupe d'Experts Intergouvernementales sur l'Evolution du Climat

MMO : Organisation Météorologique Mondiale

MNT : Modèles Numériques de Terrain

MTE : Ministère de l'aménagement du territoire et de la transition écologique

RCP : Representative Concentration Pathways

SI : Système d'Information

SIG : Système d'Information Géographique

SSS : Shared Socio-economic Pathways

WFS : Web Feature Service

ZICO : Zones Importantes pour la Conservation des Oiseaux

ZNIEFF : Zone Naturelle d'Intérêt Ecologique, Faunistique et Floristique

ZPS : Zones de Protection Spéciale

ZSC : Zones Spéciales de Conservation

## **Introduction**

### **La Nécessité de revégétaliser**

Depuis le Moyen-Âge, les territoires français ont connu des transformations profondes, caractérisées par une artificialisation progressive des espaces naturels. La déforestation, initialement motivée par l'extension des terres agricoles, a marqué les premiers bouleversements significatifs des écosystèmes.

Puis la révolution industrielle et la mécanisation agricole ont conduit à des transformations tant des espaces naturels, que de la manière dont les espaces agricoles étaient exploités préalablement. Par exemple, si l'introduction de machines agricoles perfectionnées comme les faucheuses, les batteuses et les faneuses, a permis d'accroître considérablement les surfaces cultivées<sup>1</sup>, elle a aussi changé les pratiques culturales en conduisant à une forte diminution des haies qui assuraient la protection contre le vent et l'érosion, mais aussi nombre de services écosystémiques (zone de nidification, abri pour les prédateurs, etc.). Par ailleurs, l'industrialisation est allée de pair avec l'urbanisation, qui s'est traduit par une augmentation des surfaces artificialisées pour la construction de logements, mais aussi de routes ou encore de zones de loisirs.

Face au recul des espaces naturels et/ou agricole, qui peut poser des problèmes variés en termes de préservation de la biodiversité, de gestion des risques, de capacité de production alimentaire, etc., des initiatives de « protection » ont été prises dès les années soixante-dix et n'ont fait ensuite que s'intensifier avec notamment la loi ZAN (Zéro Artificialisation Nette) dans la période la plus récente. Ces initiatives encouragent une approche responsable et durable de l'utilisation des ressources végétales sauvages dans l'aménagement des espaces naturels, la restauration écologique et la conservation du patrimoine écologique local. Pour augmenter les surfaces végétalisées, diverses actions de végétalisation urbaine et / ou de restauration des écosystèmes ruraux sont mises en œuvre par de multiples acteurs.

- La végétalisation urbaine :

La nature au cœur des villes permet de contrer les effets néfastes de l'artificialisation des sols, tels que la perte de biodiversité, l'augmentation des îlots de chaleur ou encore la dégradation de

---

<sup>1</sup> <https://www.musee-seine-et-marne.fr/sites/www.musee-seine-et-marne.fr/files/media/downloads/evolution-agriculture.pdf>

la qualité de l'air. Les espaces végétalisés, qu'il s'agisse de parcs, de toitures végétales, de jardins, des parkings désimperméabilisés ou de corridors écologiques, offrent bien plus qu'une simple esthétique. Ils créent un cadre de vie agréable pour les populations. La nature en ville contribue à améliorer le bien-être des citoyens en offrant des espaces de détente et de socialisation, tout en réduisant le stress et en renforçant le lien entre les habitants et leur environnement.

- La restauration des écosystèmes

Le reboisement des berges constitue une intervention cruciale pour la stabilisation des cours d'eau et la protection des écosystèmes aquatiques. La plantation d'espèces végétales adaptées le long des berges permet de lutter contre l'érosion, de créer des corridors écologiques pour la faune, et de filtrer naturellement les eaux de ruissellement. Communément appelé zone tampon, ces espaces jouent un rôle important dans la régulation thermique des cours d'eau, offrant des zones d'ombre qui limitent le réchauffement excessif de l'eau en période estivale.

La dépollution des sols représente un défi technique majeur mais essentiel pour la restauration des écosystèmes. Cette démarche implique l'utilisation de techniques variées, allant de la phytoremédiation <sup>2</sup>aux traitements physico-chimiques. La restauration des sols permet non seulement de réduire les risques pour la santé humaine et environnementale, mais aussi de rétablir les fonctions écologiques du sol, notamment sa capacité à supporter la vie végétale.

La création des haies constitue un élément clé dans la reconstruction des trames vertes et le maintien de la biodiversité en milieu rural. Ces structures végétales linéaires remplissent de nombreuses fonctions écologiques : elles servent d'habitat et de corridor de déplacement pour la faune, participent à la régulation du microclimat local, protègent les cultures des vents dominants, et contribuent à la lutte contre l'érosion des sols. La plantation de haies diversifiées, composées d'essences locales, favorise également le retour des pollinisateurs et des auxiliaires de culture<sup>3</sup>, essentiels pour l'agriculture durable.

Préserver les espaces naturels et agricoles, et, autant que faire se peut (re)végétaliser, notamment via la plantation d'arbres, des espaces naturels perturbés, à l'image des berges, mais aussi les espaces urbains, est devenu une orientation politique majeure au nom de la

---

<sup>2</sup>Phytoremédiation = utilisation de plantes pour extraire ou dégrader les polluants

<sup>3</sup> Les auxiliaires de culture = Organismes vivants (animaux, insectes ou micro-organismes) qui sont naturellement présents dans l'environnement et qui rendent des services bénéfiques à l'agriculture.

préservation de la biodiversité, de la gestion des risques, mais aussi de l'adaptation au changement climatique.

Un des problèmes de cette (re)végétalisation en France, est qu'elle passe par des végétaux qui viennent majoritairement d'Espagne et d'Italie, pour des raisons de disponibilité ou des raisons économiques. Or, ces importations posent problème tant du point de vue économiques, qu'écologiques.

### **Problèmes liés à l'importation de végétaux pour les initiatives de végétalisation**

Les espèces importées ne correspondant pas toujours aux conditions pédoclimatiques et plus largement aux écosystèmes des secteurs où elles vont être plantées, elles peuvent devenir des espèces envahissantes et menacer de disparition les espèces et écosystèmes locaux, en accaparant une part trop importante des ressources dont les autres ont besoins pour survivre (MTE<sup>4</sup>, 2022), à l'instar de la lumière, de la ressource alimentaire, de l'habitat, etc...

Ces espèces importées étant produit sous serre, dans le but de maximiser la production, peuvent avoir une faible capacité d'adaptation aux milieux naturels où elles sont plantées, ceci peut engendrer de forts taux de mortalité dans les opérations de végétalisation. Pour l'éviter, on peut alors être conduit à utiliser des intrants pour enrichir les sols, ou des produits phytosanitaires pour les protéger, ce qui est coûteux et néfastes pour l'environnement. Reboiser avec ces plants importés ne constitue donc pas une solution durable.

Que ce soit pour des raisons écologiques ou économiques, il paraît donc préférable de revégétaliser avec des espèces prélevées sur des sites ayant des conditions pédologiques et climatiques similaires à celles des lieux de réalisation des projets de (re)végétalisation, en utilisant au maximum des plants issus de sites de prélèvement situés au plus proche des lieux de renaturation (Million, 2025). C'est l'objectif que s'est donnée la société Cérès Flore qui fournit des végétaux sauvages locaux pour des opérations de végétalisation.

### **Cérès Flore, fournisseur d'écotypes locaux pour la végétalisation**

L'entreprise Cérès Flore, fondée en 2017 et basée à Loriol du Comtat dans le département de Vaucluse, est une alternative aux importations de végétaux étrangers, en proposant des plants locaux pour la végétalisation. L'entreprise produit ainsi des végétaux sauvages issus exclusivement de cueillettes en milieu naturel. Pour ses activités de prélèvements, d'élevage sur différents sites de production et de commercialisation, Cérès Flore emploie 7 personnes. La

---

<sup>4</sup> Ministère de l'aménagement du territoire et de la transition écologique



structure met en avant comme atout principal pour ses clients la capacité d'adaptation de ses plants aux conditions climatiques <sup>5</sup>du futur, tels que projetées dans les scénarios du Groupe d'experts intergouvernementales sur l'évolution du climat (GIEC)<sup>6</sup>. En effet, les graines et plants étant prélevés au plus proche des opérations de végétalisation et dans des secteurs qui connaissent déjà des conditions climatiques proches de celles à venir (on préférera par exemple prélever des graines d'un plant situé au vent dans des conditions arides, à celles d'un plant protégé et mieux arrosé), les végétaux de Cères Flore permettent de réduire la mortalité dans les opérations de végétalisation et d'en limiter les coûts.

L'objectif de l'entreprise est donc de fournir sur l'ensemble du sud de la France des végétaux adaptés aux conditions du futur pour des initiatives de végétalisation. Pour ce faire, les prélèvements en milieu naturel, qui servent de base à la multiplication des plants, sont uniquement effectués dans le sud-est de la France, en particulier dans les départements de l'Hérault, du Gard, du Vaucluse et de l'Ardèche, dans des sites naturels pour lesquels Cères Flore a obtenu des autorisations. On notera aussi que les processus de collectes et de production sont conçus dans un souci de conservation des qualités naturelles des plantes. Comme il est nécessaire de protéger et de pailler les jeunes plants sauvages pour favoriser leur reprise, l'entreprise fournit aussi une gamme biodégradable complète d'accessoires de paillage et de protection des plantations. Le plus souvent ces accessoires sont composés de gaines et manchons de protection qui servent à lutter contre les potentiels dégâts causés par les rongeurs, et les gibiers.

Ainsi, Cères Flore agit comme bureau d'étude et de conseil, assure la maîtrise d'œuvre des chantiers de végétalisation, la vente des végétaux sauvages et la fourniture de matériels de protection des plantations.

Concernant la maîtrise d'œuvre des chantiers de végétalisation, la structure conseille sur le choix des essences végétales sauvages appropriées. Elle encadre et assure le suivi des travaux de plantations, en particulier les campagnes d'arrosage.

La structure répond aux besoins d'une diversité de clients : des bureaux d'études, des collectivités territoriales, des pépiniéristes, des paysagistes, des particuliers, etc.

---

<sup>5</sup> Stress hydrique et diminution des précipitations annuelles

<sup>6</sup> Scénario RCP : Representative Concentration Pathways et SSS : Shared Socio-economic Pathways

Cérès Flore se distingue donc comme étant une des rares structures à proposer des végétaux d'origine locale, accompagnés d'une série d'informations détaillées assurant la traçabilité sur la provenance des plants.

### **Les difficultés de Cérès Flore, un SIG désorganisé pour une structure en phase de relance**

En septembre 2023, Cérès Flore a été placé en redressement judiciaire suite à des investissements conséquents qui n'ont pas porté leurs fruits. Les salariés font alors face à la perspective d'une liquidation et d'une fermeture de l'entreprise.

Face à cette situation, les salariés, confiants en la valeur environnementale de leurs solutions, s'organisent pour reprendre l'entreprise. Leur principal but était de préserver l'ensemble des emplois et maintenir les activités de la structure. Ils développent un projet complet incluant une stratégie commerciale renouvelée et un business plan détaillé. Avec le soutien d'un nouveau PDG, ils soumettent une offre officielle de reprise du fonds de commerce. Après cette procédure, le tribunal de commerce a validé la reprise de l'entreprise par les salariés. Cérès Flore a donc relancé sa mission de création de territoires durables avec des plantes sauvages d'origine locale.

Pour l'entreprise, l'avenir semble prometteur puisque de plus en plus, collectivités territoriales, agriculteurs, viticulteurs etc. sont conscients que planter des végétaux sauvages d'origine locale, adaptés au sol et au climat, est une réponse face au dérèglement climatique et pour la protection de la biodiversité (Million, 2025).

Avec le développement de son activité (multiplication des chantiers, des clients, des sites de prélèvements, etc.) le système d'information (SI) de Cérès Flore, jusqu'ici artisanal avec des fichiers dispersés et qui inter-opèrent peu, ne suffit plus pour une gestion optimisée. Cérès Flore est donc contrainte de mieux structurer son SI pour éviter les pertes, les duplications d'information et assurer la cohérence et l'exploitation optimale des données, nécessaires à la bonne marche de l'entreprise dans les phases de prospection, de prélèvement, de production et de commercialisation.

### **Objectifs du mémoire**

C'est dans ce contexte que se situe ce mémoire, qui poursuit deux objectifs :

- Réorganiser le système d'information (SI) de la structure

- Renforcer l'efficacité opérationnelle de Cérès Flore en mobilisant les outils de l'analyse spatiale

La réorganisation du SI permettra de structurer, compléter, regrouper, uniformiser les données éparpillées dans le SI actuel de Cérès Flore, et de les documenter grâce aux métadonnées<sup>7</sup> pertinentes. De plus, cette restructuration facilitera le requêtage dans le SI. L'équipe passera ainsi moins de temps à chercher les informations dont elle a besoin. Enfin, l'enrichissement de la base de données se fera par le développement d'un outil de collecte de données sur le terrain évitant transferts et copies et par l'intégration au SI de nouvelles données pour faciliter et optimiser le travail de Cérès Flore (y compris en termes de communication), à l'instar des données climatiques et de configuration de relief.

A partir de ces données brutes, grâce aux outils d'analyse spatiale, des analyses complémentaires permettront de créer de nouvelles couches d'informations utiles pour l'amélioration de la prise de décision au sein de l'entreprise.

Par exemple, pour optimiser le processus opérationnel de Cérès Flore, de la prospection à la commercialisation, le calcul de plus courts chemins de cout permettra de connaître les itinéraires les moins couteux pour accéder aux sites de prélèvement et y organiser les collectes, mais aussi pour organiser la livraison des plants aux clients. Autre exemple, des cartes d'expositions seront réalisées afin de connaître l'exposition au soleil des sites de prélèvements, l'exposition étant un élément qui affecte la disponibilité en eau, la température, etc. Ces informations dérivées issues d'analyses SIG serviront à fournir davantage de conseils techniques aux clients de la structure et de mieux communiquer.

## Structuration du mémoire

Ce mémoire est structuré en trois parties :

- Dans la première partie intitulée **Présentation et diagnostic du SI de Cérès Flore**, seront détaillées le fonctionnement de la structure et les limites actuelles du SI de l'entreprise.
- La deuxième partie, **Réorganisation du SI de Cérès Flore**, porte sur la conception du modèle conceptuel et du modèle logique de données du nouveau SI à mettre en place.

---

<sup>7</sup> métadonnées : données sur les données qui permettent de mieux en saisir le sens, les limites etc.

Cette partie porte également sur la proposition d'un outil Qfield permettant une collecte des données sur le terrain plus aisée ainsi que leur intégration au SI.

- La troisième partie intitulée **Renforcement du SIG de Cérès Flore pour un meilleur fonctionnement opérationnel** aborde l'intégration de nouvelles données brutes dans le système d'information de l'entreprise. Ces données d'entrée sont pour la plupart en *open data*.

## 1. Présentation et diagnostic du SI de Cérès Flore

### 1.1.Fonctionnement de la structure

Pour assurer la maîtrise d'œuvre des chantiers de végétalisation et la vente des végétaux sauvages, Cérès Flore adopte un schéma de fonctionnement à quatre (4) étapes. Il s'agit de la prospection, de la cueillette, la production et la commercialisation.

#### La prospection :

Cette première étape du fonctionnement de Cérès Flore consiste à repérer les sites potentiels de cueillettes. Pour ce faire, la structure cible un panel de milieux diversifiés afin de répondre au mieux à la demande. Au sein des sites naturels de prélèvement se trouvent les zones humides, berges de cours d'eau, garrigues qui sont généralement les sites cibles. Afin de juger du degré de « naturalité » du site de cueillette, une étude préliminaire sur son historique est réalisée. Une analyse réglementaire et administrative permet d'en affiner le potentiel. De plus Cérès Flore se base sur les critères suivants pour identifier ses sites de cueillette : la diversité des individus, la quantité des populations, l'accessibilité au site. La structure a tendance à retenir les sites comportant des individus en quantité importante dans un site accessible en mobilité douce. La cueillette dans ces sites est soumise à l'obtention d'autorisation des gestionnaires ou propriétaires.

#### Le prélèvement :

La cueillette se fait par bouture ou par grain en tenant compte du stade phénologique des plants. Bien que cette activité se fasse généralement au printemps et en automne, elle tient compte de la typologie du prélèvement. Les grains sont prélevés de mai à décembre, les boutures en printemps, à la fin d'été et en hiver, les boutures de saule d'octobre à avril.

Pour chaque individu prélevé, une série d'information est renseignée. Il s'agit du code, nom, taille, diamètre, photos et des coordonnées géographiques. Si le prélèvement est de type grain, on renseigne la quantité et la taille. Pour le prélèvement par bouture, on renseigne les

informations telles que la taille et le nombre de sous découpes. Ces individus sont ensuite acheminés vers le pôle de production.

#### La production :

Elle se fait dans le pôle de production au siège de l'entreprise. Bien que les prélèvements de type grain et bouture soient produits à la chapelle<sup>8</sup>, ils suivent des itinéraires de production distincts. Les boutures sont d'abord placées dans de petits godets jusqu'à l'apparition des racines, avant d'être transférées dans des godets forestiers. Les graines, quant à elles, sont semées dans un bac à sable jusqu'à leur germination, après quoi elles sont également transférées dans les godets forestiers.

Il arrive parfois que, pour répondre à des besoins urgents ou compenser des pertes de plants lors de la production, Cérès Flore ait recours au négoce<sup>9</sup>.

#### La commercialisation :

Une fois les plants produits, la structure assure la vente sur stock de jeunes plants de végétaux sauvages en godets forestiers. Chaque lot de plant est étiqueté avec la quantité d'individu par espèce. Un bon de préparation, accompagné du lot de plants, renseigne le site de provenance des individus. Cérès Flore a une clientèle diversifiée comprenant les collectivités locales, les paysagistes, les agriculteurs, les associations et les bureaux d'étude.

Par ailleurs, la structure intervient comme maître d'œuvre des plantations de végétaux sauvages. Elle intervient comme conseiller dans la conception des projets de végétalisation. Cérès Flore réalise, encadre et suit les chantiers de ses clients.

Pour mener à bien ses activités, l'entreprise possède un système d'information qui permet d'archiver, organiser et exploiter ses données.

### **1.2.Diagnostic du SI de la structure**

L'entreprise gère un double flux informationnel. D'une part, elle collecte des données qui alimentent et enrichissent son système d'information et, d'autre part, elle assure la diffusion d'informations vers sa clientèle. Dans ce cadre, elle mobilise à la fois des données géographiques et non géographiques, et utilise différents outils pour répondre à ses besoins,

---

<sup>8</sup> Appellation de l'infrastructure dans laquelle se fait les productions

<sup>9</sup> Négoce = Achat de plants auprès d'autres structures dans ce contexte.

notamment Dolibarr pour la facturation, Excel pour certaines opérations de suivi ou de traitement, et Qgis pour organiser les données spatiales et produire les cartes.

## **1.2.1 Les données entrantes et sortantes du système d'information actuel.**

### **1.2.1.1 Les données entrantes**

Cérès Flore a organisé ses données en dossiers et sous-dossiers en fonction de leur typologie, bien que cette pratique ne soit pas toujours appliquée de manière rigoureuse :

- Les données administratives

Comme le nom l'indique, ce sont des données sur le découpage administratif de la France à l'instar des communes, EPCI, cantons, département et régions. Cette catégorie regroupe également les données d'unités géographiques des Appellations d'Origine Contrôlée (AOC) et du cadastre. Ces données permettent à la structure de savoir dans quelle zone elle exécute ses opérations.

- Les données d'intérêt commercial

Cette catégorie renferme les données sur les clients et potentiels clients de Cérès Flore. Il s'agit des couches d'informations suivantes : bureau d'étude, associations, pépiniéristes et paysagistes. Ces données permettent à l'entreprise de connaître la situation géographique de ses clients et d'affiner sa stratégie marketing.

- Les données sur les types d'espaces naturels

Cérès Flore prend en compte certaines typologies d'espaces naturels dans son fonctionnement. Il s'agit de :

- Zone Naturelle d'Intérêt Ecologique, Faunistique et Floristique (ZNIEFF)

L'inventaire ZNIEFF vise à recenser et caractériser, sur l'ensemble du territoire national, les zones présentant un fort intérêt écologique abritant une biodiversité patrimoniale. Il constitue à la fois une base de connaissances et un outil d'aide à la décision pour la protection des espaces naturels et l'aménagement du territoire. Les ZNIEFF de type I désignent des espaces écologiquement homogènes, caractérisés par la présence d'espèces, de groupements d'espèces ou d'habitats rares, remarquables ou représentatifs du patrimoine naturel régional. Elles constituent les zones les plus remarquables du territoire. Les ZNIEFF de type II regroupent des ensembles naturels fonctionnels et paysagers présentant une forte cohésion écologique et une biodiversité plus riche que celle des milieux environnants.

- Les Zones Importantes pour la Conservation des Oiseaux (ZICO)

Les ZICO ont été définies dans le cadre de la Directive Oiseaux 79/409/CEE de 1979. Ces sites, jouent un rôle clé dans la vie de certaines espèces d'oiseaux, à l'instar de la reproduction, de l'hivernage et même de relai de migration.

- Site Natura 2000

Le réseau Natura 2000 regroupe un ensemble de sites naturels, terrestres et marins, dont la mission est de garantir la survie à long terme des espèces et des habitats menacés et présentant un fort enjeu de conservation en Europe. La typologie Natura 2000 est déclinée en deux sous catégories à l'instar de : zones de protection spéciale (ZPS) pour les oiseaux et zones spéciales de conservation (ZSC) pour les habitats et les espèces.

- Sites RAMSAR

Les sites RAMSAR sont des zones humides reconnues d'importance internationale au titre de la convention de Ramsar du 2 février 1971 relative aux zones humides d'importance internationale, particulièrement en tant que zone d'habitats des oiseaux d'eau. Généralement ce sont des milieux humides dont la préservation présente un intérêt international du point de vue écologique, botanique, zoologique, limnologique ou hydrologique.

Cérès Flore s'appuie sur ces typologies d'espaces naturels pour optimiser son fonctionnement. Lorsque qu'un site de prélèvement ou un chantier se trouve à l'intérieur ou à proximité de l'une de ces zones, l'entreprise ajuste ses activités afin de respecter la réglementation en vigueur.

- Les données collectées au cours des processus métier

Cérès Flore dispose des informations géolocalisées de ses chantiers de reboisement, des sites de prélèvement, des individus prospectés et prélevés. Les données de cette catégorie permettent à l'entreprise de fournir aux clients des informations sur le genre des individus prélevés et leur lieu de provenance. Cette traçabilité constitue une valeur ajoutée pour Cérès Flore.

### **1.2.1.2 Les données sortantes**

Très peu d'information sort du système d'information de l'entreprise, en dehors des informations commerciales (facteurs, livraisons etc.). Le plus fréquemment il s'agit des informations renseignant sur les sites de prélèvement des végétaux. En effet, sur une fiche dénommée « attestation d'origine », Cérès Flore fournit de l'information à propos de la quantité d'individus par espèce et le lieu de cueillette. A des fins de gestion interne, cette fiche mentionne

également le numéro et la date de la commande, ainsi que les noms et adresses de l'expéditeur et du client.

Certains clients sollicitent des données relatives aux contours des chantiers. Bien que ces informations constituent à l'origine des données d'entrée, elles sont enrichies après acquisition par le calcul de la superficie. La morphologie et la superficie des zones à reboiser jouent un rôle clé dans les échanges avec les clients, en orientant le choix des méthodes de disposition des plants. En fonction de ces deux paramètres, Cérès Flore et le commanditaire peuvent décider d'un commun accord, d'opter pour une plantation en quinconce, en ligne, en carré, en triangle équilatéral, en bandes alternées ou aléatoire.

La structure ne valorise pas suffisamment les données qu'elle collecte, notamment celles liées aux chantiers de reboisement réalisés. À ce jour, aucun support interactif de type web ne permet aux clients de consulter les travaux précédemment menés par Cérès Flore, ni d'explorer l'historique des aménagements. Cette absence de plateforme limite la mise en valeur du savoir-faire de l'entreprise et freine sa capacité à inspirer confiance ou à convaincre de nouveaux partenaires. Pourtant, les données issues des chantiers (localisation, superficie, espèces implantées, méthode de plantation) pourraient être mobilisées pour créer une carte web interactive, permettant de visualiser des réalisations passées, renforçant ainsi la transparence et la crédibilité de la structure.

Au vu de la nécessité d'intégrer des données et de les partager, il est important d'accorder plus d'attention au nommage des couches et à l'organisation des fichiers dans le SI actuelle de l'entreprise.

### **1.2.2 Les limites du SI de Cérès Flore**

En se basant sur les données mises à disposition, une analyse du système d'information a été réalisée. Elle s'est appuyée sur l'ouverture successive des projets QGIS, des couches géographiques et de leurs tables attributaires, afin d'examiner le contenu et l'organisation des données. Cette démarche a permis de faire ressortir plusieurs points susceptibles de nuire à l'efficacité de l'entreprise et à la clarté des informations, compromettant ainsi certains travaux opérationnels.

#### **1.2.2.1 Problème d'organisation et de structuration de données**

Tout d'abord, la nomenclature de certaines couches ne permet pas d'identifier clairement le type d'information qu'elles contiennent, ce qui complique leur utilisation. C'est par exemple le cas des couches nommées « sens-rangs » et « her1 ». De plus, l'absence de métadonnées



associées, limite la compréhension du contenu des couches, rendant difficile leur réutilisation et leur intégration dans de nouveaux projets.

La structure des fichiers présente un manque de cohérence. Des projets QGIS sont stockés dans les mêmes dossiers que des couches de données qui n'ont aucun lien avec ces projets. Par ailleurs, il arrive qu'un projet soit localisé dans un dossier parent, tandis que les couches associées se trouvent dispersées dans d'autres dossiers parents éloignés. Cette dispersion complique la gestion des fichiers et augmente le risque d'erreurs de chemin lors du chargement des couches dans le projet. C'est notamment le cas du projet Qgis « site\_prelev\_salix » stocké dans le même dossier nommé « smld » avec des couches dénommée « erosion\_berge\_agricole\_lot » alors que les couches de ce projet se trouvent carrément dans un autre dossier éloigné.

#### **1.2.2.2 Difficultés d'actualisation de données et absence de certaines informations essentielles**

Plusieurs couches de données du système d'information (SI) de l'entreprise ne sont plus à jour. Ce manque d'actualisation concerne notamment les données relatives à la typologie des espaces naturels, c'est-à-dire la classification et la description des différents types de milieux. Ces bases de données sont pourtant connues pour être mises à jour régulièrement par les organismes producteurs, afin de refléter les évolutions réelles du territoire.

Cependant, l'entreprise continue d'utiliser une version ancienne de ces données, qui ne reflète plus la réalité actuelle du terrain. Cela s'explique principalement par le manque de temps dédié à la mise à jour et par l'absence d'un gestionnaire SIG au sein de la structure. En l'absence de référent technique, les données ne sont pas actualisées régulièrement, et aucun flux automatisé n'a été mis en place pour intégrer les nouvelles informations collectées sur le terrain. Cette situation peut entraîner des erreurs de prise de décision. Il devient donc nécessaire de procéder à une mise à jour de ces couches pour garantir la fiabilité du système d'information et améliorer la qualité des actions menées à partir de ces données.

La structure fournit uniquement des informations sur le site de collecte des plants produits pour sa clientèle. Cependant, pour renseigner avec exactitude ses caractéristiques, il serait très utile de disposer de données sur les modèles numérique de terrain et les scénarios climatiques qui sont très bénéfiques pour enrichir l'argumentaire de l'entreprise.

### **1.2.2.3 Collecte d'information sur le terrain imparfaite**

Cérès Flore utilise l'application Qfield <sup>10</sup> pour saisir de la donnée sur le terrain surtout lors des activités de prospection. La maîtrise partielle de l'utilisation de cette application engendre de sérieux problèmes d'actualisation de données. En effet l'entreprise utilise un système de copie du projet Qgis vers l'application Qfield par câble USB pour la saisie de données sur le terrain. Après collecte d'information, elle utilise la même technique mais inversement. Cette méthode présente un risque élevé de perte d'information et d'erreurs surtout lorsque plusieurs salariés effectuent simultanément des opérations de prospection. De plus, la gestion des photographies présente également des limites importantes. Les photos capturées sur le terrain n'étaient pas automatiquement liées aux entités dans la table attributaire. Elles restaient enregistrées localement dans les téléphones, obligeant le salarié à copier les noms de fichiers un à un, puis à les recoller dans la table attributaire après avoir identifié manuellement à quelle occurrence chaque photo correspondait.

### **1.2.2.4 Duplication excessive des couches et incohérence dans la structure des dossiers**

Dans le SI de Cérès Flore, plusieurs fichiers et dossiers portent le même nom. Ces derniers peuvent se retrouver dans le même dossier parent ou pas. Pour le premier cas, parfois il y a un espace de plus à côté du nom afin que le système ne détecte pas la redondance. Cette redondance est perceptible par le fait qu'on observe le dossier nommé « allons » deux fois dans le même dossier. Les couches « individu prospecté » et « individu prélevé » sont perceptibles chacun plus de 6 fois dans le SIG, au point où on a du mal à savoir la version la plus à jour. De plus les différentes versions de ces couches n'ont pas la même structure. Une version de la couche « individu prospecté » peut porter plus ou moins d'informations qu'une autre couche de même nom et contenir un nombre différent d'enregistrements. Le plus problématique est que dans chaque version de couche se trouve une partie d'information sur les individus prospecté au lieu d'avoir une version finale intégrant les informations de toutes les autres versions précédentes. Ceci rejoint la difficulté d'actualisation du SI abordée plus haut dans ce document. La figure 1 ci-dessous illustre bien ce problème avec une version de la couche « individu prospecté » comportant 169 occurrences et plusieurs champs, tandis qu'une autre version bien que portant le même nom, ne contient qu'une occurrence et très peu de champ.

---

<sup>10</sup> Qfield est une application mobile de collecte de données de type géographique basé sur Qgis qui est développé par OPENGIS.ch.

individu\_prospection — Total des entités: 169, Filtrées: 169, Sélectionnées: 0

	id	code_sp	nom_statio	dpt	code_site	hauteur	diametre	opérateur	commentaire	Date	photo	pheno	bouture
1		NULL	NULL		NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL
2		NULL	ACMO		30 BECK30	NULL	NULL	Am ap					
3		NULL	ARUN		30 BECK30	NULL	NULL	Am ap					
4		NULL	VITI		30 BECK30	NULL	NULL	Am ap					
5		NULL	CISA		30 BECK30	NULL	NULL	Am ap					
6		NULL	CIMO		30 BECK30	NULL	NULL	Am ap					
7		NULL	CYSE		30 BECK30	NULL	NULL	Am ap					
8		NULL	LANO		30 BECK30	NULL	NULL	Am ap					
9		NULL	NULL		30 BECK30	NULL	NULL	Am ap					
10		NULL	ACMO		30 BECK30	NULL	NULL	Am ap					
11		NULL	LANO		30 BECK30	NULL	NULL	Am ap					
12		NULL	FROR		30 BECK30	NULL	NULL	Am ap					
13		NULL	QUIL		30 BECK30	NULL	NULL	Am ap					
14		NULL	QUPU		30 BECK30	NULL	NULL	Am ap					
15		NULL	SODO		30 BECK30	NULL	NULL	Am ap					
16		NULL	PILE		30 BECK30	NULL	NULL	Am ap					
17		NULL	PITE		30 BECK30	NULL	NULL	Am ap					
18		NULL	ARUN		30 BECK30	NULL	NULL	Am ap					
19		NULL	NULL		30 BECK30	NULL	NULL	Am ap		09/05/2023	DCIM\individu-pr...	NULL	NULL

Organiser les colonnes de la table

- ☒ id
- ☒ code\_sp
- ☒ nom\_statio
- ☒ dpt
- ☒ code\_site
- ☒ hauteur
- ☒ diametre
- ☒ opérateur
- ☒ commentaire
- ☒ Date
- ☒ photo
- ☒ pheno
- ☒ bouture
- ☒ semences
- ☒ effectif
- ☐ [Contrôle des Actions]

Tout sélectionner Tout désélectionner OK Annuler

individu\_prospection — Total des entités: 1, Filtrées: 1, Sélectionnées: 0

	id	code_sp	nom_statio	dpt	code_site	hauteur	diametre	opérateur	commentaire	Date	photo	pheno	bouture	semer
1		NULL	NULL		NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL

Organiser les colonnes de la table

- ☒ id
- ☒ code\_sp
- ☒ nom\_statio
- ☒ dpt
- ☒ code\_site
- ☒ hauteur
- ☒ diametre
- ☒ opérateur
- ☒ commentaire
- ☒ Date
- ☒ photo
- ☒ pheno
- ☒ bouture
- ☒ semences
- ☒ effectif
- ☐ [Contrôle des Actions]

Tout sélectionner Tout désélectionner OK Annuler

Figure 1: Illustration de deux versions de la même couche - Réalisation : Ezéchiel Ametovena

Tous ces limites (problèmes de mises à jour, de redondance, de processus de collecte de l'information etc.) freinent énormément la structure lors de la prise de décision rapide ou de la recherche d'information utile. Aussi, directeur technique rencontre des difficultés à organiser efficacement les processus opérationnels dans des délais courts en raison du manque de performance du système d'information. La restructuration du SI se révèle donc nécessaire pour améliorer l'efficacité opérationnelle de Cérès Flore.

## **2. Réorganisation du SI de Cérès Flore**

### **2.1. Les attendus du nouveau système d'information**

Pour arriver à un nouveau système visant à résoudre les limites de l'ancienne version. Il s'agira de procéder à :

#### **2.1.1 Une amélioration de la nomenclature et de la structuration de données**

Pour améliorer la compréhension des données, il est essentiel de mettre en place une nomenclature standardisée et explicite, qui permette de cerner rapidement le contenu des couches. Cela facilitera leur utilisation et leur réutilisation dans de futurs projets.

Afin de rendre les données plus accessibles et compréhensibles, chaque couche doit être accompagnée de métadonnées détaillées. Ces métadonnées, en format texte ou html, devraient inclure des informations sur la source, les attributs et la typologie des données et être directement liées aux données.

Il est donc crucial de réorganiser les dossiers pour créer une structure plus logique, où chaque projet avec ses couches associées sont stockés dans un même dossier parent, afin d'éviter toute confusion et de faciliter l'accès aux données.

Ces actions permettront non seulement de garantir une actualisation continue et fiable des données, mais aussi de mettre à disposition des informations essentielles et complètes pour améliorer la traçabilité des plants et renforcer les processus opérationnels.

#### **2.1.2 Une amélioration de l'actualisation des données et de la disponibilité des informations essentielles**

- **Réduire l'absence de données**

Pour enrichir les informations disponibles et fournir des certificats d'origine <sup>11</sup>plus détaillés, il est nécessaire de disposer de données complémentaires, telles que des informations météorologiques, des modèles numériques de terrain et d'autres informations plus fines sur l'occupation de sols caractérisant les sites de prélèvement. L'intégration de ces données dans le système d'information permettrait non seulement de renforcer la traçabilité, mais aussi d'améliorer la précision et la fiabilité des données collectées sur le terrain.

- **Améliorer l'alimentation du SI avec Qfield cloud**

---

<sup>11</sup> Certificat d'origine : est un document fourni aux clients qui informe sur les lieux de prélèvement des plants ainsi que sur leurs principales caractéristiques.

Actuellement Cérès Flore fait un usage de niveau intermédiaire de l'outil Qfield largement abordé dans la section intitulée [Difficultés d'actualisation de données et absence de certaines informations essentielles](#). L'entreprise devrait envisager des solutions de synchronisation automatique de données, plus robustes, comme QField Cloud ou d'autres outils de collecte de type géographique et de mise à jour en temps réel.

- **Utiliser les web services pour simplifier l'actualisation des données**

Opter pour des web services de type WFS (Web Feature Service) serait avantageux pour l'actualisation des données sur l'occupation du sol, notamment pour les espaces naturels. Cette méthode permettrait de connecter directement QGIS au serveur hébergeant ces données. Ainsi, lorsque les données sont mises à jour sur le serveur, il suffira d'un simple clic pour actualiser la couche dans le projet sans avoir à supprimer l'ancienne version et ajouter la nouvelle manuellement.

### **2.1.3 Réduire la duplication des couches et harmonisation de la structure des dossiers**

Concrètement, cela passera par l'identification et la suppression des fichiers redondants après vérification de leur contenu, suivie de l'intégration des différentes versions des couches concernées en une couche unique regroupant l'ensemble des informations essentielles. Par ailleurs, la mise en place d'une structure attributaire standardisée pour chaque couche assurera l'uniformité des données stockées et en facilitera leur manipulation. Pour atteindre ces objectifs, la phase de conception du modèle de données est déterminante

## **2.2. Conception du modèle conceptuel et du modèle logique de données**

### **2.2.1 Démarche d'identification des éléments constitutifs des modèles.**

La conception des modèles de données s'est appuyée à la fois sur une analyse technique et sur des échanges réguliers avec l'équipe de Cérès Flore. Les premières propositions de Modèle Conceptuel de Données (MCD) ont été discutées avec la structure afin de s'assurer qu'elles soient en adéquation avec les besoins exprimés et les réalités du terrain. Ces échanges ont permis de valider progressivement le MCD, avant de poursuivre avec la modélisation logique (MLD), qui sert de base à l'intégration des données dans QGIS et QField Cloud.

Pour concevoir les modèles de données, il a été nécessaire de prendre en compte les points d'attention identifiés lors du diagnostic du système d'information, ainsi que les nouvelles

orientations de l'entreprise. La méthode QQQQCP <sup>12</sup> a été principalement utilisée pour cette conception.

### 2.2.1.1 La méthode QQQQCP

Pour tirer meilleure partie de cette méthode, il a été décidé de la diviser en deux parties : les questions QQQQ guideront le choix des entités, tandis que les questions CP se concentreront sur l'éthique du nouveau SI et son rôle dans l'aspect opérationnel.

Méthode QQQQCP	Questions	Quelques entités	Quelques attributs
Qui ?	Quels sont les acteurs impliqués ?	Propriétaire, Gestionnaire, Client, etc..	Nom, Prénom, Contact, Statut
Quoi ?	Quelles sont les données à gérer ?	Site, Espèce, Type de sol, Climat, parcelle autorisée, chantier	Nom du site, Espèce végétale, Texture du sol, Température moyenne
Où ?	Y a-t-il une dimension spatiale ?	Unité administrative d'appartenance (région, commune, département) Coordonnées géographiques	Latitude, Longitude, Altitude, nom de région, nom de la commune, nom du département
Quand ?	Faut-il stocker des données temporelles ?	Suivi de croissance etc...	Date (d'observation, d'identification, de signature, etc.)

Tableau 1 : Les questions QQQQ pour l'identification des entités - Réalisation : Ezéchiél Ametovena

Méthode CP	Questions	Solution envisagée	Les attendus
Comment ?	Quel type de sources de données souhaiteriez-vous privilégier ?	Open data et sources officielles	Fiabilité de la donnée

<sup>12</sup> Q : Qui ? Q : Quoi ? O : Où ? Q : Quand ? C : Comment ? P : Pourquoi ?

Pourquoi ?	Pourquoi ce nouveau SI ?	Meilleure structuration des données pour une prise de décision rapide	Amélioration des processus opérationnels surtout la traçabilité des plants
------------	--------------------------	---	--

Tableau 2 : Les questions CP pour identifier les dimensions éthiques et opérationnelles du SI -  
Réalisation : Ezéchiél Ametovena

### 2.2.1 Modèle conceptuel de données (MCD)

Plusieurs types de données circulent entre les salariés et sont essentiels au bon fonctionnement de Cérès Flore : les sites de prélèvement des végétaux, les opérations de prélèvement réalisées par les salariés, les clients (paysagistes, collectivités, bureaux d'études, etc.), ainsi que les commandes de plants et les chantiers mis en œuvre sur le terrain.

Les sites de prélèvement correspondent aux lieux où sont collectés les individus (végétaux). Chaque site regroupe plusieurs stations écologiques, elles-mêmes divisées en parcelles autorisées, caractérisées notamment par leur type de sol, la température moyenne annuelle et la pluviométrie.

Les végétaux sont prélevés par un ou plusieurs salariés de Cérès Flore, et décrits selon plusieurs attributs : espèce, géolocalisation, etc... Une fois collectés, ils sont convoyés vers un pôle de production, où ils peuvent être multipliés en jeunes plants.

Les clients, qu'ils soient collectivités, paysagistes, particuliers ou pépiniéristes, peuvent passer des commandes de lots de plants ou de prestations de chantier. Chaque commande est associée à un mode de livraison et peut contenir plusieurs lots.

L'analyse du MCD permet de mieux comprendre l'organisation du système d'information de Cérès Flore. Les entités principales s'articulent autour de la collecte des végétaux et du relation client.

Les salariés sont responsables de la collecte et parfois de l'identification des végétaux dans les parcelles, rattachées aux stations et sites de prélèvement. Les individus, une fois convoyés vers un pôle de production, donnent naissance à des jeunes plants destinés aux clients.

La relation client est modélisée à travers les entités Client, Commande, Lot de plant et Chantier, chacun étant documenté et géolocalisé. Pour des raisons internes à l'entreprise, les aspects liés à la facturation n'ont pas été intégrés au modèle conceptuel de données. Ce modèle conceptuel

permet ainsi de structurer de manière cohérente les données dans un SIG, et de garantir la traçabilité complète des végétaux depuis leur origine jusqu'à leur livraison sans inclure les données comptables ou financières.

La légende ci-dessous sert à mieux comprendre le MCD.



: Lien sous classe – super classe

→ : Flèche convergeant vers une super classe



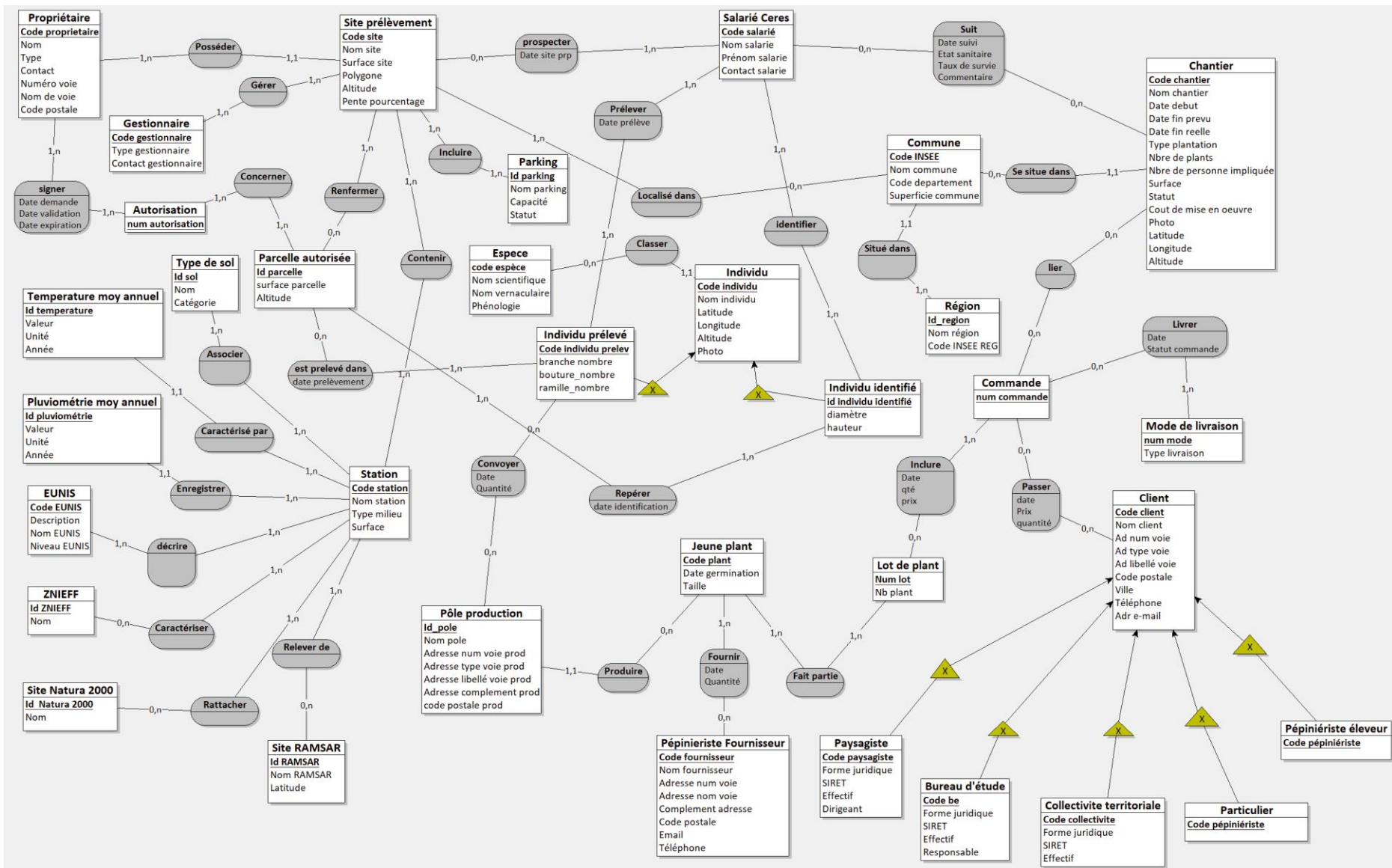


Figure 2 : Modèle conceptuel de données de Cérés Flore - Réalisation : Ezéchiél Ametovena

### 2.2.2 Tables issues du MCD

A l'aide des entités, associations et cardinalités présents dans le MCD, se découlent des tables sur lesquelles se focalise la restructuration du SI de l'entreprise.

Pour lire aisément ces tables il est important de se référer à la légende ci-dessous.

**Z** : table issue des associations

**Z** : table issue des entités

**Z** : clé primaire des tables issues des entités

**#Z,#Z** : clé primaire des tables issues des associations

**#Z** : clé étrangère

**Z** : type de données de l'attribut

**(Z Z)** : longueur maximale autorisée

**Proprietaire** = (**Code\_proprietaire** VARCHAR(10), Nom VARCHAR(20), Type VARCHAR(50), Contact INT, Numéro\_voie VARCHAR(20), Nom\_de\_voie VARCHAR(20), Code\_postale VARCHAR(20));

**Site\_prélèvement** = (**Code\_site** VARCHAR(50), Nom\_site VARCHAR(50), Surface\_site DECIMAL(15,2), Polygone TEXT, Altitude TEXT, Pente\_pourcentage VARCHAR(50), #Code\_proprietaire);

**Gestionnaire** = (**Code\_gestionnaire** VARCHAR(10), Type\_gestionnaire VARCHAR(50), Contact\_gestionnaire INT);

**Salarié\_Ceres** = (**Code\_salarie** VARCHAR(50), Nom\_salarie VARCHAR(20), Prenom\_salarie VARCHAR(20), Contact\_salarie VARCHAR(50));

**Station** = (**Code\_station** VARCHAR(50), Nom\_station VARCHAR(20), Type\_milieu VARCHAR(50), Surface DECIMAL(15,2));

**Parking** = (**Id\_parking** VARCHAR(10), Nom\_parking VARCHAR(20), Capacite INT, Statut VARCHAR(50));

**Especes** = (**code\_espece** VARCHAR(10), Nom\_scientifique VARCHAR(20), Nom\_vernaculaire VARCHAR(20), Phenologie VARCHAR(50));

**Temperature\_moy\_annuel** = (**Id\_temperature** VARCHAR(10), Valeur DECIMAL(15,2), Unite VARCHAR(50), Année DATE, #Code\_station);

**Pluviométrie\_moy\_annuel** = (**Id\_pluviometrie** VARCHAR(10), Valeur DECIMAL(15,2), Unité VARCHAR(50), Année DATE, #Code\_station);

**EUNIS** = (**Code\_EUNIS** VARCHAR(10), Description VARCHAR(50), Nom\_EUNIS VARCHAR(50), Niveau\_EUNIS VARCHAR(1));

**Region** = (**Id\_region** VARCHAR(50), Nom\_region VARCHAR(50), Code\_INSEE\_REG VARCHAR(20));

**ZNIEFF** = (**Id\_ZNIEFF** VARCHAR(50), Nom VARCHAR(50));

**Site\_Natura\_2000** = (**Id\_Natura\_2000** VARCHAR(50), Nom VARCHAR(50));

**Site\_RAMSAR** = (**Id\_RAMSAR** VARCHAR(50), Nom\_RAMSAR VARCHAR(50), Latitude TEXT);

**Type\_de\_sol** = (**Id\_sol** *VARCHAR(50)*, Nom *VARCHAR(50)*, Categorie *VARCHAR(50)*);

**Jeune\_plant** = (**Code\_plant** *VARCHAR(50)*, Date\_germination *DATE*, Taille *INT*);

**Pépinieriste\_Fournisseur** = (**Code\_fournisseur** *VARCHAR(50)*, Nom\_fournisseur *VARCHAR(50)*, Adresse\_num\_voie *VARCHAR(50)*, Adresse\_nom\_voie *VARCHAR(50)*, Complement\_adresse *VARCHAR(50)*, Code\_postale *VARCHAR(50)*, Email *VARCHAR(50)*, Téléphone *VARCHAR(50)*);

**Lot\_de\_plant** = (**Num\_lot** *VARCHAR(50)*, Nb\_plant *VARCHAR(50)*);

**Parcelle\_autorisée** = (**Id\_parcelle** *VARCHAR(50)*, surface\_parcelle *DECIMAL(15,2)*, Altitude *DECIMAL(15,2)*);

**Autorisation** = (**num\_autorisation** *VARCHAR(50)*);

**Commande** = (**num\_commande** *VARCHAR(50)*);

**Mode\_de\_livraison** = (**num\_mode** *VARCHAR(50)*, Type\_livraison *VARCHAR(50)*);

**Client** = (**Code\_client** *VARCHAR(50)*, Nom\_client *VARCHAR(50)*, Ad\_num\_voie *VARCHAR(50)*, Ad\_type\_voie *VARCHAR(50)*, Ad\_libellé\_voie *VARCHAR(50)*, Code\_postale *VARCHAR(50)*, Ville *VARCHAR(50)*, Téléphone *VARCHAR(50)*, Adr\_e\_mail *VARCHAR(50)*);

**Collectivite\_territoriale** = (**Code\_collectivite** *VARCHAR(50)*, Forme\_juridique *VARCHAR(50)*, SIRET *VARCHAR(50)*, Effectif *INT*, #*Code\_client*);

**Bureau\_d\_etude** = (**Code\_be** *VARCHAR(50)*, Forme\_juridique *VARCHAR(50)*, SIRET *VARCHAR(50)*, Effectif *INT*, Responsable *VARCHAR(50)*, #*Code\_client*);

**Particulier** = (**Code\_pépinieriste** *VARCHAR(50)*, #*Code\_client*);

**Individu** = (**Code\_individu** *VARCHAR(10)*, Nom\_individu *VARCHAR(20)*, Latitude *TEXT*, Longitude *TEXT*, Altitude *TEXT*, Photo *VARCHAR(10)*, #*code\_espece*);

**Commune** = (**Code\_INSEE** *VARCHAR(50)*, Nom\_commune *VARCHAR(50)*, Code\_departement *VARCHAR(50)*, Superficie\_commune *DECIMAL(15,2)*, #*Id\_region*);

**Chantier** = (**Code\_chantier** *VARCHAR(50)*, Nom\_chantier *VARCHAR(20)*, Date\_debut *DATE*, Date\_fin\_prevu *DATE*, Date\_fin\_reelle *DATE*, Type\_plantation *VARBINARY(20)*, Nbre\_de\_plants *INT*, Nbre\_de\_personne\_impliquée *INT*, Surface *DECIMAL(15,2)*, Statut *VARCHAR(20)*, Cout\_de\_mise\_en\_oeuvre *CURRENCY*, Photo *VARCHAR(20)*, Latitude *TEXT*, Longitude *TEXT*, Altitude *TEXT*, #*Code\_INSEE*);

**Individu\_prélevé** = (**Code\_individu\_prelev** *VARCHAR(10)*, branche\_nombre *INT*, bouture\_nombre *INT*, ramille\_nombre *INT*, #*Code\_individu*);

**Individu\_identifié** = (**id\_individu\_identifié** *VARCHAR(50)*, diametre *INT*, hauteur *INT*, #*Code\_individu*);

**Pole\_production** = (**Id\_pole** *VARCHAR(50)*, Nom\_pole *VARCHAR(50)*, Adresse\_num\_voie\_prod *VARCHAR(50)*, Adresse\_type\_voie\_prod *VARCHAR(50)*, Adresse\_libellé\_voie\_prod *VARCHAR(50)*, Adresse\_complement\_prod *VARCHAR(50)*, code\_postale\_prod *VARCHAR(50)*, #*Code\_plant*);

**Pépinieriste\_éleveur** = (**Code\_pépinieriste** *VARCHAR(50)*, #*Code\_client*);

**Paysagiste** = (**Code\_paysagiste** *VARCHAR(50)*, Forme\_juridique *VARCHAR(50)*, SIRET *VARCHAR(50)*, Effectif *INT*, Dirigeant *VARCHAR(50)*, #*Code\_client*);

**Gérer** = (#*Code\_site*, #*Code\_gestionnaire*);

**Localise\_dans** = (#*Code\_site*, #*Code\_INSEE*);

**prospector** = (#*Code\_site*, #*Code\_salarie*, Date\_site\_prp *DATE*);

**Contenir** = (#*Code\_site*, #*Code\_station*);

**Prélever** = (#*Code\_salarie*, #*Code\_individu\_prelev*, Date\_preleve *DATE*);

**Inclure** = (#Code\_site, #Id\_parking);  
**identifier** = (#Code\_salarie, #id\_individu\_identifié);  
**décrire** = (#Code\_station, #Code\_EUNIS);  
**Caractériser** = (#Code\_station, #Id\_ZNIEFF);  
**Rattacher** = (#Code\_station, #Id\_Natura\_2000);  
**Relever\_de** = (#Code\_station, #Id\_RAMSAR);  
**est\_preleve\_dans** = (#Code\_individu\_prelev, #Id\_parcelle, date\_prelevement *DATE*);  
**Repérer** = (#id\_individu\_identifié, #Id\_parcelle, date\_identification *DATE*);  
**Associer** = (#Code\_station, #Id\_sol);  
**Convoyer** = (#Code\_individu\_prelev, #Id\_pole, \_Date *DATE*, Quantité *INT*);  
**Fournir** = (#Code\_plant, #Code\_fournisseur, \_Date *DATE*, Quantité *VARCHAR(50)*);  
**Fait\_partie** = (#Code\_plant, #Num\_lot);  
**Renfermer** = (#Code\_site, #Id\_parcelle);  
**signer** = (#Code\_proprietaire, #num\_autorisation, Date\_demande *DATE*, Date\_validation *DATE*,  
Date\_expiration *DATE*);  
**Concerner** = (#Id\_parcelle, #num\_autorisation);  
**Passer** = (#num\_commande, #Code\_client, \_date *DATE*, Prix *VARCHAR(50)*, quantite *VARCHAR(50)*);  
**lier** = (#Code\_chantier, #num\_commande);  
**Inclure** = (#Num\_lot, #num\_commande, \_Date *DATE*, qté *VARCHAR(50)*, prix *INT*);  
**Livrer** = (#num\_commande, #num\_mode, \_Date *DATE*, Statut\_commande *VARCHAR(50)*);  
**Suit** = (#Code\_salarie, #Code\_chantier, Date\_suivi *DATE*, Etat\_sanitaire *VARCHAR(50)*, Taux\_de\_survie  
*VARCHAR(50)*, Commentaire *VARCHAR(50)*);

Pour mieux visualiser la relation entre les tables, il est important de dresser le modèle logique de données.

### 2.2.1 Modèle logique de données (MLD)

Le MLD ci-dessous est une visualisation schématique des tables identifiées dans la partie précédente. Tout comme le MCD, il est conçu avec le logiciel looping. Les tables de ce modèle sont utilisées pour la conception du projet Qgis /Qfield Cloud.

La légende ci-dessous sert à mieux comprendre le MCD

— : Lien entre une table issue d'une association et une table préexistante dans le MCD.

---- : Lien entre deux tables préexistantes dans le MCD.

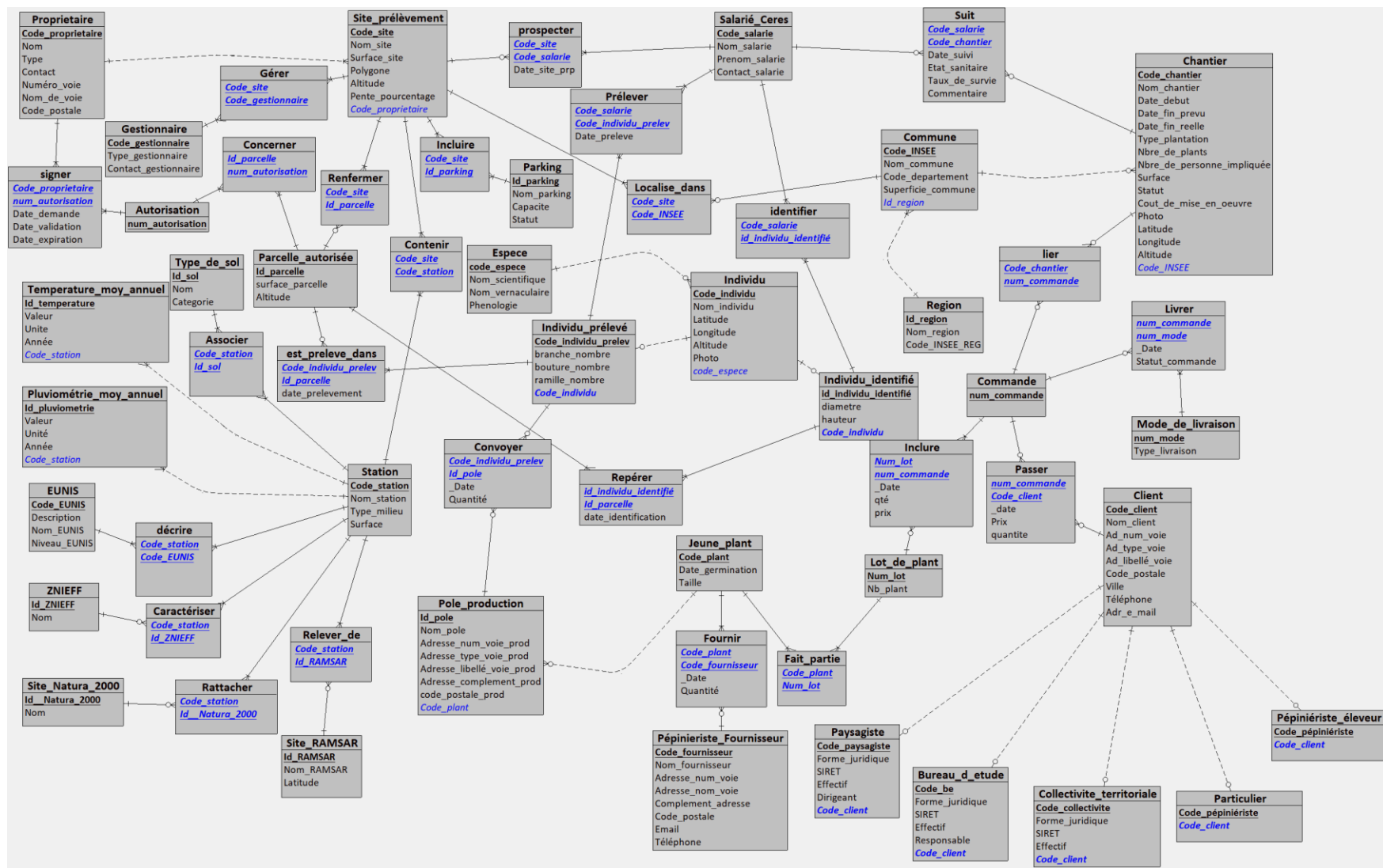


Figure 3 : Modèle logique de données de Cérés Flore - Réalisation : Ezéchiél Ametovena

La modélisation conceptuelle et logique des données a permis d'identifier et de structurer l'ensemble des entités, des relations et des attributs impliqués dans le SI de Cérès Flore.

Plus concrètement, le MCD a permis d'identifier les entités telles que les sites de prélèvement, les parcelles autorisées, les individus prélevés, les jeunes plants, les clients ou encore les chantiers. Il a également permis de mettre en évidence les liens fonctionnels entre les différents acteurs impliqués dans les processus opérationnels (pépinieriste, fournisseur, client, gestionnaire...) et les éléments suivis tout au long des processus, tels que les chantiers, les commandes, etc... Enfin, cette modélisation s'est intéressée à la hiérarchie spatiale telle que le regroupement des sites par unité administrative.

Le MLD, quant à lui, propose une traduction de ce MCD dans une structure de base de données relationnelle, préparant ainsi l'implémentation concrète dans un SIG.

Les tables issues de ces modélisations serviront à créer un projet SIG structuré dans QGIS, qui sera ensuite déployé via Qfield pour la saisie de données sur le terrain.

### **2.3.Proposition de Qfield cloud pour garantir la performance du SIG de l'entreprise**

Plusieurs outils tels que QField/QField Cloud, Mergin Maps, ArcGIS Field Maps, Survey123, KoboToolbox et ODK sont utilisés pour la collecte de données terrain. L'entreprise utilise déjà QField, mais il est essentiel de comparer ces outils afin de déterminer si d'autres offrent de meilleures possibilités ou sont plus simples à prendre en main. Cette réflexion est d'autant plus importante que l'entreprise souhaite désormais saisir sur le terrain, des données précises concernant les individus prélevés, comme le nombre de branches ou de boutures, ainsi que des informations relatives aux chantiers. De plus, la collecte devra être réalisée par plusieurs utilisateurs en parallèle, avec une synchronisation des données entre tous les utilisateurs.

#### **2.3.1. Benchmarking pour le choix de l'outil**

L'enjeu principal pour Cérès Flore est d'améliorer la saisie des données à l'aide d'une application simple d'utilisation, capable d'interagir avec un logiciel SIG libre et gratuit. Cette solution doit favoriser une collaboration entre plusieurs utilisateurs tout en assurant une

synchronisation des données en temps réel<sup>13</sup> ou en différé<sup>14</sup>. De plus, l'outil doit être peu coûteux, permettre la saisie des données en mode hors ligne et offrir la possibilité de définir des droits d'accès personnalisés.

Outils		QField Cloud	Mergin Maps	ArcGIS Field Map	Survey123	KoboToolbox	ODK
Critère							
Logiciel SIG d'intégration		QGIS (intégration native)	QGIS (intégration native)	ArcGIS Online/Pro (intégration native)	ArcGIS Online/Pro (intégration native)	Indépendant	Indépendant
Type de synchronisation		Synchronisation en temps réel et différée	Synchronisation en temps réel et différée	Synchronisation en temps réel et différée	Synchronisation différée	Manuel	Manuel
Saisie de données en hors ligne		Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui
Collaboration multi-utilisateurs		Oui	Oui	Oui	Oui	Limité	Limité
Gestion des droits d'accès		Avancée	Avancée	Avancée	Avancée	Basique	Basique
Coût	Utilisation ponctuelle	Gratuit incluant stockage de 100 Mo a durée indéterminée	Essai gratuit sur 28 jours	Licence Esri, très coûteux	Licence Esri, très coûteux	Gratuit	Gratuit
	Utilisation avancée	Peu coûteux	Peu coûteux				
Compétence actuelle		Compétence intermédiaire	Pas de compétence	Pas de compétence	Pas de compétence	Pas de compétence	Pas de compétence

Tableau 3 : Comparaison des outils de saisie de données - Réalisation : Ezéchiél Ametovena

Ne connaissant pas la possibilité d'une utilisation multi-utilisateurs via le cloud, le Directeur technique de la structure transfère les projets Qgis/Qfield par câble USB, comme mentionné dans la section portant sur les [Difficultés d'actualisation de données et absence de certaines](#)

<sup>13</sup> Les données sont envoyées dès qu'une modification est faite, si une connexion est active

<sup>14</sup> Les données sont stockées sur l'appareil et envoyées plus tard, manuellement ou automatiquement dès qu'une connexion internet est disponible.

[informations essentielles](#). Il est donc essentiel de réaliser une comparaison des différentes utilisations de QField Cloud.

### 2.3.2. Comparatif des différentes options d'utilisation de Qfield cloud

Pour utiliser QField Cloud, il est nécessaire de souscrire à un plan d'abonnement. Plusieurs formules sont proposées, chacune offrant des niveaux de services et de fonctionnalités différents. Une comparaison de ces formules ou plans : individuel, pro et organisation, a été réalisée afin d'identifier celui qui conviendrait le mieux aux besoins de la structure. Le tableau 4 ci-dessous présente les principales caractéristiques de chaque formule. Dans le but de mieux alimenter le SI, le plan organisation est proposé pour ses atouts en matière de collaboration, d'accessibilité aux données et d'augmentation du stockage. Avec ce plan, les trois salariés de Cérès Flore spécialisée dans les travaux de terrains pourront alimenter le SI sans souci.

Pour un abonnement mensuel réglé en une seule fois l'année, l'entreprise, pour ses trois salariés impliqués sur les activités terrains, devra mobiliser un montant de 576 € ( $16 \text{ €} * 3 \text{ utilisateurs} * 12 \text{ mois}$ ) pour l'utilisation du plan organisation de Qfield cloud.

Plan Critères		Individuel	Pro	Organisation
Nombre d'utilisateur/collaboration		Un seul utilisateur	Un seul utilisateur	Un groupe de personnes (nombre illimité, minimum 2 personnes)
Stockage	Stockage inclus	100 MB	3 GB	5 GB
	Stockage additionnel	Pas de possibilité	1GB à 5€	1GB à 5€
Prix	Pour un abonnement avec paiement mensuel	Gratuit	15 € / mois	20 € / utilisateur / mois
	Pour un abonnement mensuel réglé en une seule fois pour l'année	Gratuit	12 € / mois	16 € / utilisateur / mois
Cas d'usage		Pour des usages ponctuels	Pour une utilisation personnelle	Idéal pour travailler à plusieurs



Essai gratuit pour test	Toujours gratuit	30 jours d'essai gratuit	28 jours d'essai gratuit
-------------------------	------------------	--------------------------	--------------------------

Tableau 4: Proposition du plan d'abonnement Qfield Cloud – Réalisation : Ezéchiél Ametovena

### 2.3.3. Conception et fonctionnement de Qfield /Qfield cloud

#### 2.3.3.1.Fonctionnement de Qfield/Qfield Cloud

La plupart des collectes de données réalisées avec l'application mobile QField débutent par une configuration du projet dans QGIS. Lorsqu'une collaboration entre plusieurs utilisateurs est nécessaire, comme c'est le cas ici, l'utilisation de QField Cloud permet d'assurer la synchronisation entre le projet QGIS et l'application mobile. Pour répondre aux besoins de Cérès Flore, trois personnes interagiront avec cet outil : le gestionnaire de projet, chargé principalement de veiller au bon fonctionnement de l'outil, dispose également d'un accès lui permettant, si nécessaire, d'effectuer des saisies sur le terrain. Les deux autres salariés sont quant à eux principalement en charge de la saisie de données lors des prélèvements d'individus sur le terrain.

Comme le montre la figure 2, le processus commence par la conception du projet dans QGIS, suivie de la création des couches accompagnées de leurs attributs. En arrière-plan de ces couches, des formulaires sont créés afin d'être renseignés lors de la collecte de données, selon une configuration adaptée aux besoins spécifiques de l'entreprise. Parallèlement à cette étape, des comptes sont créés sur <https://qfield.cloud>, afin de permettre la synchronisation avec QField Cloud. Une fois les couches finalisées, les formulaires qui leur sont associés sont envoyés vers le cloud, ce qui permet de les récupérer dans l'application mobile QField pour réaliser la saisie sur le terrain. Une fois cette saisie effectuée, les données sont envoyées vers le cloud, puis récupérées et intégrées dans le projet QGIS. Ce fonctionnement reste identique, quel que soit le nombre d'utilisateurs impliqués dans la collecte.

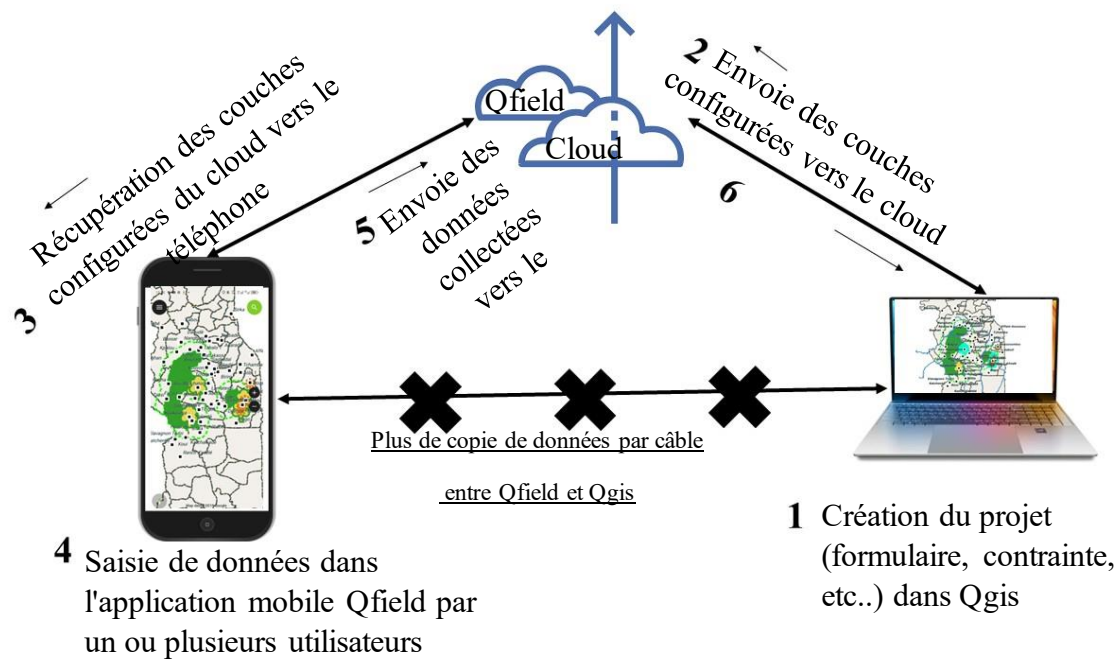


Figure 4 : Fonctionnement de Qfield/Qfield Cloud – Réalisation : Ezéchiél Ametovena

### 2.3.3.2. Conception de Qfield / Qfield Cloud pour les besoins opérationnels de Cérès Flore

Pour les besoins opérationnels de Cérès Flore, plusieurs couches sont intégrées au sein du projet Qgis conçu pour communiquer avec Qfield cloud, projet qui prendra le nom de Qcérès. Il s'agit notamment des couches représentant les individus prélevés par bouturage, les chantiers, les sites de prélèvement, le découpage administratif des régions, ainsi qu'une couche linéaire dédiée au tracé sur le terrain.

L'ajout de la couche individus prélevés par bouture au projet Qgis, a pour objectif de quantifier les boutures, ramilles et branches collectées par date, par salarié et par site. Cette information permettra, à terme, d'identifier les sites les plus sollicités pour le prélèvement et d'apprécier les performances des salariés.

Dans le but de permettre à l'entreprise de connaître la superficie des chantiers réalisés, notamment pour l'élaboration de ses rapports annuels, une couche dédiée a été intégrée au projet QCérès. Une contrainte de champ calculé <sup>15</sup>est mise en arrière-plan pour permettre le calcul automatique des espaces reboisés lors de la saisie de terrain. Par ailleurs, pour faciliter le suivi des délais d'exécution des marchés, trois dates distinctes sont ajoutées comme attributs de cette couche. Il s'agit des dates du début, de fin prévue et de fin réelle. Une liste déroulante

<sup>15</sup> round(\$area,2)

est créée également pour renseigner la typologie des chantiers, qui peut correspondre à une haie agricole, un boisement ou un espace vert. D'autres attributs sont ajoutés en accord au modèle logique de données.

Une couche linéaire a été intégrée au projet QCérès pour permettre le tracking des déplacements effectués lors des opérations terrains. Cette couche permet d'enregistrer les itinéraires empruntés par les équipes sur le terrain, fournissant ainsi des informations sur la couverture spatiale de l'entreprise, ainsi que sur les zones potentiellement non visitées. Elle contribue également à une meilleure planification des parcours pour les futures sorties. Par ailleurs, l'ajout de fonds de carte tels que Google Satellite et OpenStreetMap permet aux utilisateurs de disposer d'un référentiel visuel clair et détaillé. Google Satellite permet d'accéder à une vue aérienne détaillée, facilitant l'identification d'éléments paysagers souvent absents des bases cartographiques classiques, comme les zones boisées, les alignements d'arbres ou les parcelles agricoles, tandis qu'OpenStreetMap fournit une représentation claire et lisible des infrastructures et des données topographiques (routes, chemins, bâtiments), constituant ainsi une aide précieuse pour l'orientation des salariés sur le terrain.

### **2.3.3.3.Choix du dispositif adapté pour la saisie de données terrain**

Pour assurer une saisie de données efficace, fiable et adaptée aux réalités du terrain, le choix du matériel utilisé avec QField est un enjeu central. Deux types de dispositifs sont couramment envisagés : les tablettes grand public et les tablettes durcies. Chacune présente des avantages et des limites, en termes de précision, de robustesse, de confort d'utilisation et de coût. Le tableau ci-dessous présente une comparaison entre ces deux catégories d'appareils dans le contexte d'une utilisation terrain, notamment en environnement rural ou forestier.

Critère	Tablette ordinaire (grand public)	Tablette durcie
Résistance	Pas adaptée à n'importe quelle condition météorologique et topographique	Plus adaptée à toute condition météorologique et topographique (pluie, chutes, poussière, boue, etc.)

Précision GPS	Généralement dotée d'une précision métrique (1 à 3 mètres), GNSS de moyenne précision	Précision centimétrique (module GNSS <sup>16</sup> de haute précision)
Luminosité de l'écran	Ne dispose pas d'option « sunlight readable », ce qui complique l'utilisation en plein soleil	Dispose d'une option « sunlight readable », écran haute luminosité, meilleure lisibilité en extérieur, limite la fatigue visuelle
Batterie	Autonomie limitée (environ 4 à 6 heures en utilisation intensive)	Grande autonomie (jusqu'à 10-12 heures), parfois avec double batterie
Coût	Coût abordable (200 à 600 €), accessible pour les petites structures	Coût élevé (à partir de 800 € jusqu'à 3000 € et même plus), mais justifié par la robustesse, la durabilité, et les fonctionnalités professionnelles intégrées
Opération en milieu forestier	Précision GPS fortement dégradée sous couvert végétal dense	Meilleure stabilité du signal GPS grâce à des modules GNSS robustes intégrés

Tableau 5 : Comparatif entre tablette grand public et tablette durcie – Réalisé par : Ezéchiél Ametovena

Le tableau comparatif ci-dessus met en évidence les différences entre une tablette ordinaire et une tablette durcie en matière de performances GNSS, de robustesse et d'adaptabilité aux conditions de terrain. Dans le cadre de ce mémoire et au regard des moyens actuels de l'entreprise Cérès Flore, c'est une tablette grand public qui a été retenue pour les opérations de saisie de données. Ce choix, bien que pragmatique, présente certaines limites, notamment en termes de précision GNSS et de résistance aux conditions extérieures. Il est toutefois important de souligner que la tablette durcie reste l'équipement le plus adapté aux exigences d'un travail de terrain en contexte naturel. Elle garantit une meilleure précision de géolocalisation, une

<sup>16</sup> Le **GNSS** est un système de navigation par satellite qui permet de déterminer la position géographique avec une grande précision.

lisibilité optimale de l'écran en plein soleil, une grande autonomie de batterie, ainsi qu'une résistance accrue aux intempéries et aux chocs. Ceci pourra alimenter une réflexion future sur l'évolution des outils utilisés par l'entreprise.

#### **2.3.3.4. Gain de temps significatif grâce à Qfield cloud**

A la suite de la mise en place de QField Cloud, un gain de temps considérable est observé dans le processus de collecte de données. Auparavant, les salariés utilisaient une méthode manuelle et fastidieuse pour la collecte de données sur le terrain largement abordée dans la partie [Difficultés d'actualisation de données et absence de certaines informations essentielles](#). Avec l'ancienne méthode, en fin de journée, il fallait deux heures et demi de travail pour fusionner les différentes couches, repérer les doublons et reconstituer une base de données cohérente. À cela s'ajoutait la gestion des photographies, qui exigeait environ deux heures supplémentaires pour retrouver les images, copier les noms de fichiers, les associer manuellement aux bonnes entités et renseigner la table attributaire. Au total, cette méthode pouvait mobiliser jusqu'à quatre heures et demie à cinq heures de travail supplémentaire par jour. Avec la solution proposée, ces opérations sont automatisées et intégrées au flux de travail. La synchronisation en temps réel, combinée à l'association directe des photos aux entités géographiques, permet de limiter le temps de saisie et de synchronisation à environ 15 minutes incluant le temps de la saisie de données sur le terrain, qui est de 5 minutes. Cela représente un gain de temps quotidien estimé à près de cinq heures, tout en améliorant la qualité et la fiabilité des données collectées.

### **3. Renforcement du SIG de Cérès Flore pour un meilleur fonctionnement opérationnel**

Renforcer le SIG de l'entreprise consiste à intégrer essentiellement des données issues de différentes sources sur les régions de Provence-Alpes-Côte d'Azur (PACA), Auvergne-Rhône-Alpes (AuRA), Nouvelle-Aquitaine et Occitanie. L'objectif est de structurer un système capable de mieux appuyer les processus opérationnels de l'entreprise, en particulier pour la planification des chantiers, la sélection des zones de prélèvement ou encore l'aide à la décision en matière de prospection. Certaines données seront conservées sous leur forme originale en tant que données brutes, tandis que d'autres seront traitées pour produire des données dérivées répondant aux besoins de l'entreprise. Parmi les données mobilisées figurent : le Modèle Numérique de Terrain (MNT) et ses dérivées, des données climatiques actuelles et projetées, ainsi que des données relatives aux temps d'accessibilité, utiles à la construction de zonages basés sur les temps de déplacement vers différentes destinations.

### **3.1. Le Modèle Numérique de Terrain et ses dérivées**

Dans le cadre du renforcement du Système d'Information Géographique (SIG) de l'entreprise, l'intégration du Modèle Numérique de Terrain (MNT) constitue un apport majeur. Le MNT utilisé est un raster obtenu à partir de la source de données ouvertes earth explorer.

Le MNT fournit pour chaque point de la zone d'intérêt, une valeur d'altitude. Cette donnée est importante pour l'entreprise, dans la mesure où l'une de ses missions est renseigner la traçabilité géographique des plants en précisant, entre autres, l'altitude des sites de prélèvement.

En effet, cette information, souvent perçue comme un indicateur d'adaptation des végétaux, est de plus en plus demandée par les clients soucieux de comprendre le contexte environnemental d'origine des plants (A. Million, 2025). Fournir l'altitude des sites de prélèvement contribue à asseoir la crédibilité des actions menées par l'entreprise.

Au-delà de l'altitude, le MNT permet également de générer des couches dérivées essentielles : la pente, qui renseigne sur l'inclinaison des versants, et l'ombrage (hillshade), qui donne une lecture visuelle des versants éclairés ou non. Ces produits dérivés ne sont pas utilisés uniquement pour des besoins de visualisation, ils apportent aussi des informations utiles à la planification des opérations terrain et à l'évaluation du potentiel écologique des sites.

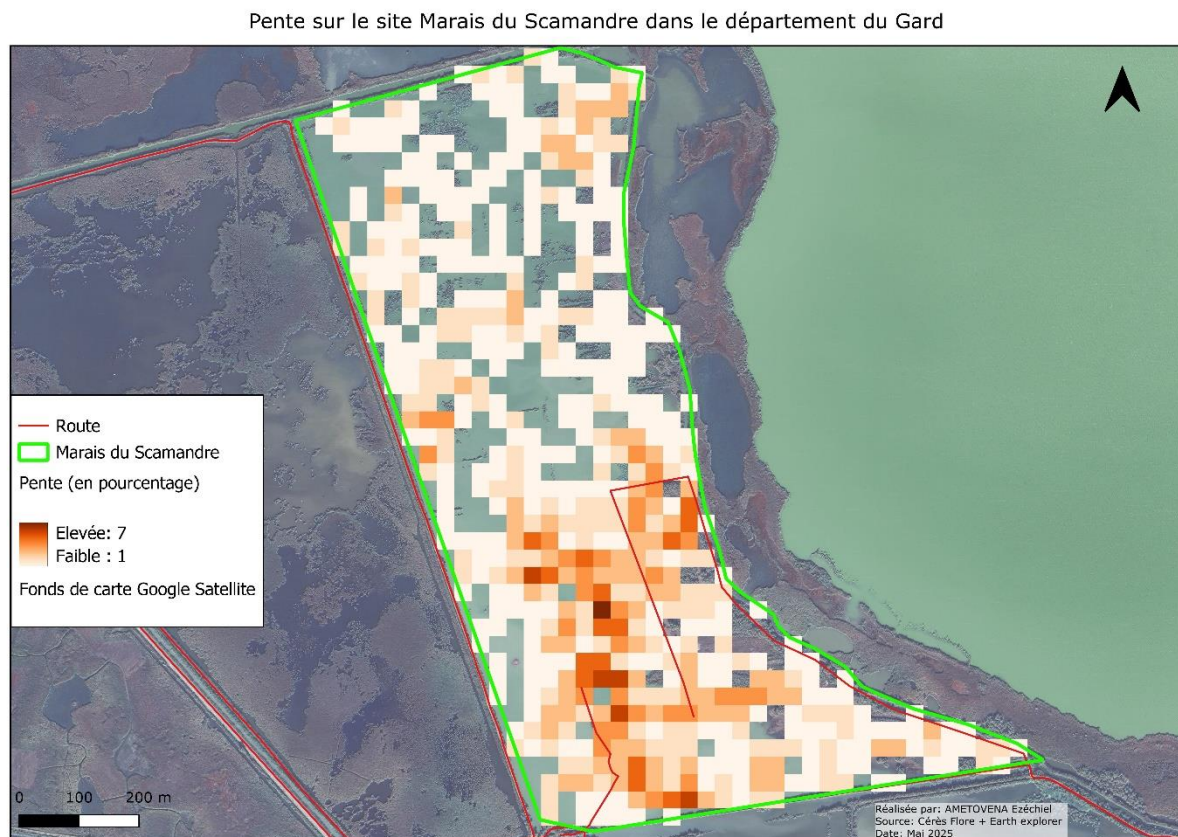
#### **3.1.1. Calcul et exploitation de la pente**

La pente a été calculée en pourcentage à partir du Modèle Numérique de Terrain (MNT) à l'aide de l'outil pente d'ArcGIS Pro. Conformément à la définition du *United States Department of Agriculture* (2017), elle est obtenue en divisant l'élévation verticale par la distance horizontale parcourue, puis en multipliant le résultat par 100. Une pente de 0 % correspond à un terrain parfaitement plat, tandis qu'une pente de 100 % indique un gain d'altitude de 1 mètre pour chaque mètre parcouru à l'horizontale. Dans le cadre de ce mémoire, les valeurs de pente relevées s'étendent de 0 % à plus de 1100 %, traduisant des situations allant de terrains plats à des pentes extrêmement abruptes.

Afin de faciliter l'interprétation visuelle et l'intégration thématique au sein du SIG, les valeurs de pente sont reclassées en cinq catégories : 0–5 % (pente très faible), 5–15 % (pente modérée), 15–40 % (pente forte), 40–100 % (pente très forte), et >100 % (pente extrême). Cette classification a permis de repérer les zones à faible contrainte physique pour les déplacements,

favorables à la collecte et au transport des plants, ainsi que les zones plus difficiles d'accès où des adaptations logistiques sont nécessaires. De plus, la couche de pente ainsi obtenue sera mobilisée pour renforcer la traçabilité des végétaux en renseignant sur les conditions topographiques.

La carte 1 ci-dessous illustre la pente sur le site du Marais du Scamandre, situé dans le département du Gard. Elle révèle une topographie globalement homogène, avec des pentes variantes entre 1 % et 7 %. Bien que les écarts soient faibles, cette information permet à Cérès Flore d'identifier les zones présentant des pentes relativement plus marquées. Cela leur offre la possibilité d'anticiper les éventuelles difficultés d'accès et d'organiser plus efficacement leurs déplacements sur le terrain.



Carte 1 : Pente sur le site Marais du Scamandre dans le département du Gard – Source : Earth explorer et Cérès Flore 2025 – Réalisation Ezéchiél Ametovena

La pente est essentielle pour comprendre, les contraintes physiques du terrain liées à l'accessibilité et les conditions topographiques dans lesquelles les végétaux prélevés évoluent. Cependant, pour mieux connaître les conditions environnementales des sites de prélèvement et

mieux appréhender les facteurs influençant la croissance et la santé des végétaux, il est également indispensable de considérer l'exposition solaire des pentes.

### **3.1.2. L'ombrage et l'ensoleillement**

Le calcul d'ombrage vise à caractériser l'exposition solaire des versants, en tenant compte de leur orientation et de leur inclinaison, ce qui permet d'identifier précisément les zones d'ombre et de lumière selon la position du soleil. L'ombrage est essentiel pour compléter la donnée de pente vu que c'est un facteur dont dépend la croissance des végétaux.

Pour modéliser l'ombrage, deux paramètres solaires fondamentaux sont utilisés : l'azimut solaire et l'altitude solaire. Dans le cadre de ce mémoire, un azimut de 315° et une altitude de 45° ont été retenus. L'azimut solaire correspond à la direction horizontale du soleil par rapport au nord, mesurée dans le sens des aiguilles d'une montre. Un azimut de 315° indique que le soleil est positionné au nord-ouest. L'altitude solaire, quant à elle, représente la hauteur angulaire du soleil au-dessus de l'horizon, ici de 45°, ce qui correspond à une position solaire intermédiaire dans la journée, ni trop basse ni au zénith.

Ces valeurs sont choisies afin de représenter des conditions d'ensoleillement typiques, permettant d'identifier les zones qui bénéficient d'un ensoleillement optimal ou, au contraire, qui restent à l'ombre et pourraient présenter un microclimat plus frais et humide. Ces zones d'ombre peuvent notamment être favorables à certaines espèces végétales sensibles à la dessiccation ou à la chaleur.

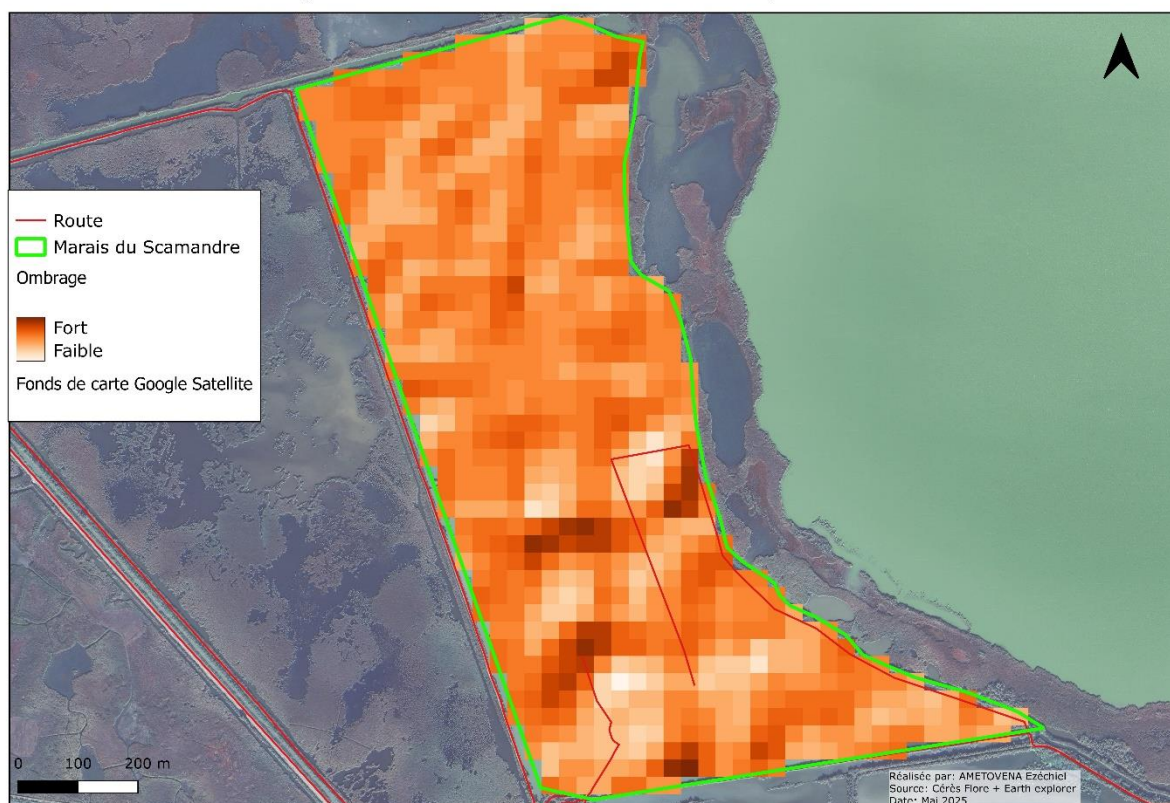
La modélisation d'ombrage est réalisée à l'aide d'ArcGIS Pro, logiciel qui calcule pour chaque cellule raster la visibilité du soleil selon l'azimut et l'altitude définis, produisant ainsi une carte d'ombrage précise de la zone d'intérêt.

La carte 2 ci-dessous illustre la répartition de l'ombrage sur le site du Marais du Scamandre, situé dans le département du Gard. On observe que les zones d'ombre ne sont pas uniformes à l'intérieur du site : plus la couleur tend vers le noir, plus la zone est ombragée. Cela signifie qu'un individu végétal prélevé en un point X peut être soumis à des conditions d'ensoleillement très différentes de celles d'un autre individu situé en un point Y, à l'intérieur du même site.

Pour Cérès Flore, il est donc essentiel de fournir à ses clients une information précise sur l'ombrage localisé, afin d'adapter au mieux les recommandations selon les micro conditions d'exposition solaire de chaque espèce.



Ombrage sur le site Marais du Scamandre dans le département du Gard



Carte 2 : Ombrage sur le site Marais du Scamandre dans le département du Gard – Source : Earth explorer et Cérès Flore 2025 – Réalisation : Ezéchiel Ametovena

En dehors du MNT et ses dérivées, il est désormais nécessaire de prendre en compte les facteurs climatiques qui influencent également la croissance des espèces végétales.

### 3.2. Les données climatiques

L'intégration des données climatiques actuelles et futures permet non seulement de dresser un état des lieux des conditions climatiques du site, mais aussi de projeter leur évolution vis-à-vis du changement climatique. Cette approche vise à identifier les zones potentiellement soumises à un stress accru, notamment lié à l'augmentation du nombre de jours chauds par an (jours avec une température maximale supérieure à 35 °C) et à anticiper les besoins d'adaptation.

Pour cela, deux types de données climatiques ont été mobilisées : des données climatiques actuelles, issues d'observations récentes ; et des données climatiques futures, téléchargées depuis la plateforme Copernicus Climate Data Store <sup>17</sup>, dans un format standardisé appelé NetCDF (.nc).

<sup>17</sup> Une plateforme gratuite de l'Union européenne qui donne accès aux données climatiques.

Le format NetCDF (Network Common Data Form) est couramment utilisé pour le stockage de séries temporelles multidimensionnelles, notamment en climatologie. Ces fichiers peuvent contenir plusieurs bandes correspondant à différentes variables ou à différentes dates empilées dans le temps. Grâce à ce format, il est ainsi possible d'extraire des données pour une année spécifique à partir d'un ensemble couvrant plusieurs décennies. Cette capacité à gérer des blocs de données volumineux et temporellement organisés rend les fichiers NetCDF particulièrement adaptés à l'analyse des projections climatiques (Unidata, 2022).

Dans le cadre de ce mémoire, le jeu de données climatiques portant sur les jours avec une température maximale supérieure à 35 °C pour l'année 2024 et l'année 2054, issue du scénario RCP 8.5 du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC) est mobilisé. Le scénario RCP 8.5 correspond à une trajectoire dite "pessimiste", c'est-à-dire une hypothèse dans laquelle aucune action majeure de réduction des émissions de gaz à effet de serre n'est entreprise, conduisant ainsi à une forte augmentation des concentrations de CO<sub>2</sub> et à un réchauffement climatique significatif. Le choix de ces deux années, espacées de 30 ans, repose sur la définition des normales climatiques de l'Organisation météorologique mondiale (OMM), qui recommande une période trentenaire comme référence pour l'analyse des tendances climatiques (OMM, 2017).

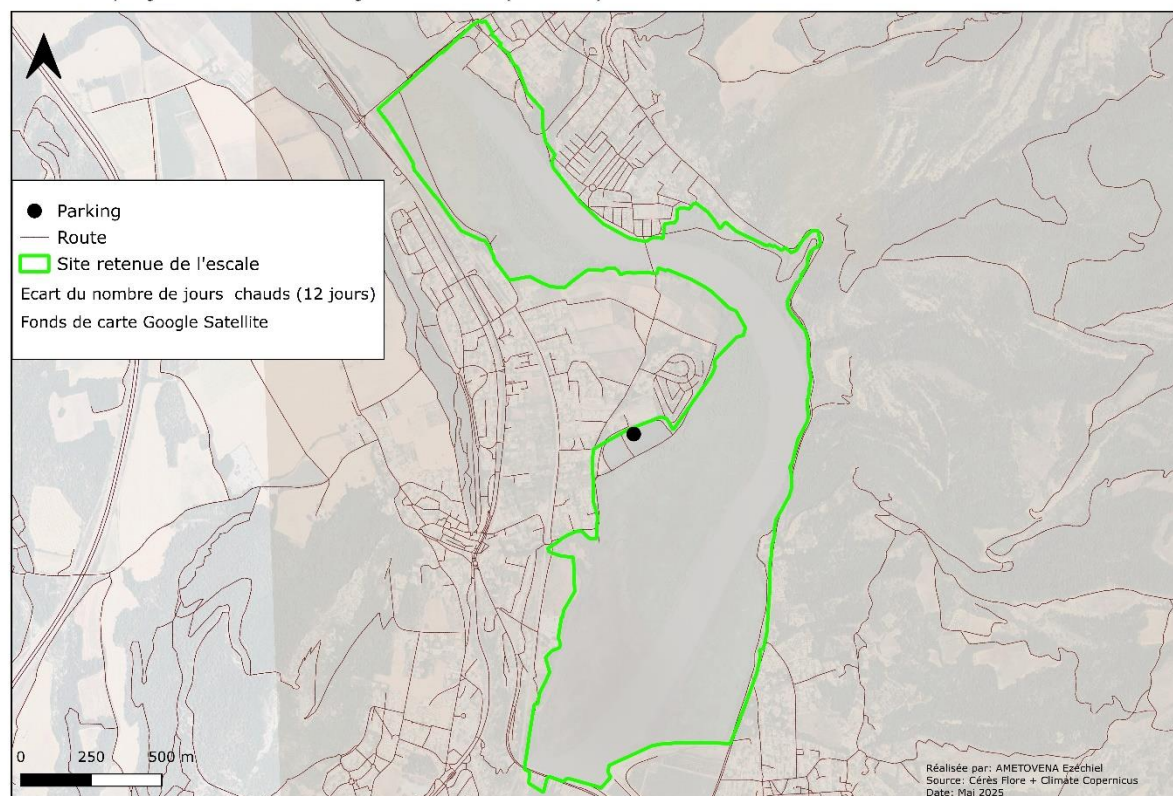
À partir des deux années de référence, un raster d'écart a été calculé afin de visualiser spatialement les zones présentant une augmentation ou une diminution du nombre de jours avec une température maximale supérieure à 35 °C. Ce type d'analyse permet d'évaluer la vulnérabilité climatique des chantiers de reboisement en mettant en évidence les changements significatifs susceptibles d'affecter les espèces végétales implantées.

Enfin, cette analyse s'inscrit pleinement dans la stratégie de Cérès Flore. En effet, les espèces collectées et valorisées sont en grande partie issues de milieux naturels déjà soumis à des conditions climatiques contraignantes. L'identification de zones d'évolution climatique similaire permet de souligner le potentiel d'adaptation de ces espèces aux scénarios futurs. Ceci renforce l'argument selon lequel les végétaux proposés par Cérès Flore constituent une réponse durable et résiliente aux enjeux du changement climatique, notamment pour des projets de reboisement, de renaturation ou d'aménagement paysager.

La carte 3 présente l'écart projeté du nombre de jour chaud entre 2024 et 2054 sur le site de retenue de l'escale. L'écart étant de 12 jours, traduit une augmentation du nombre de jours avec une température maximale supérieure à 35 °C qui est de 2 jours en 2024 et de 14 jours en 2054

sur le même site. Cette carte met en évidence le fait que ce site de prélèvement se situe déjà dans une zone de stress. Les espèces végétales prélevées sur ce site seront donc naturellement adaptées à une variété de conditions climatiques. Cela permettra à l'entreprise de proposer des plants sur mesure, en adéquation avec les caractéristiques des zones à reboiser. Cette démarche est particulièrement pertinente dans la mesure où les futurs chantiers de Cérès Flore se concentrent majoritairement dans le sud de la France.

Écart projeté du nombre de jours chauds (> 35 °C) entre 2024 et 2054 sur le site retenue de l'escale



Carte 3 : Ecart projeté du nombre de jours chauds (>35°C) entre 2024 et 2054 sur le site retenue de l'escale – Source : Climate Copernicus et Cérès Flore 2025 – Réalisation : Ezéchiél Ametovena

Après l'analyse climatique, essentielle pour prendre connaissance des écarts entre conditions climatiques du futur et du présent, il est également nécessaire de prendre en compte la dimension logistique des opérations. La distance entre le siège de Cérès Flore et les sites de collecte ou d'intervention conditionne en effet de nombreux aspects opérationnels : temps de trajet, organisation des équipes, logistique des transports, et planification des chantiers. Un zonage logistique est donc mis en place pour accompagner la prise de décision dans l'organisation des déplacements.

### **3.3.Structuration spatiale des déplacements autour du siège de Cérès Flore**

Cette section présente les résultats de l'analyse spatiale réalisée autour du siège de Cérès Flore. Elle s'articule en plusieurs volets complémentaires, visant à améliorer l'organisation logistique : un zonage des temps d'accès, l'identification des chemins les plus rapides vers les sites de prélèvement, et l'analyse des itinéraires vers les clients paysagistes, nouvellement ciblés par l'entreprise.

#### **3.3.1. Zonage logistique des déplacements à partir du siège de Cérès Flore**

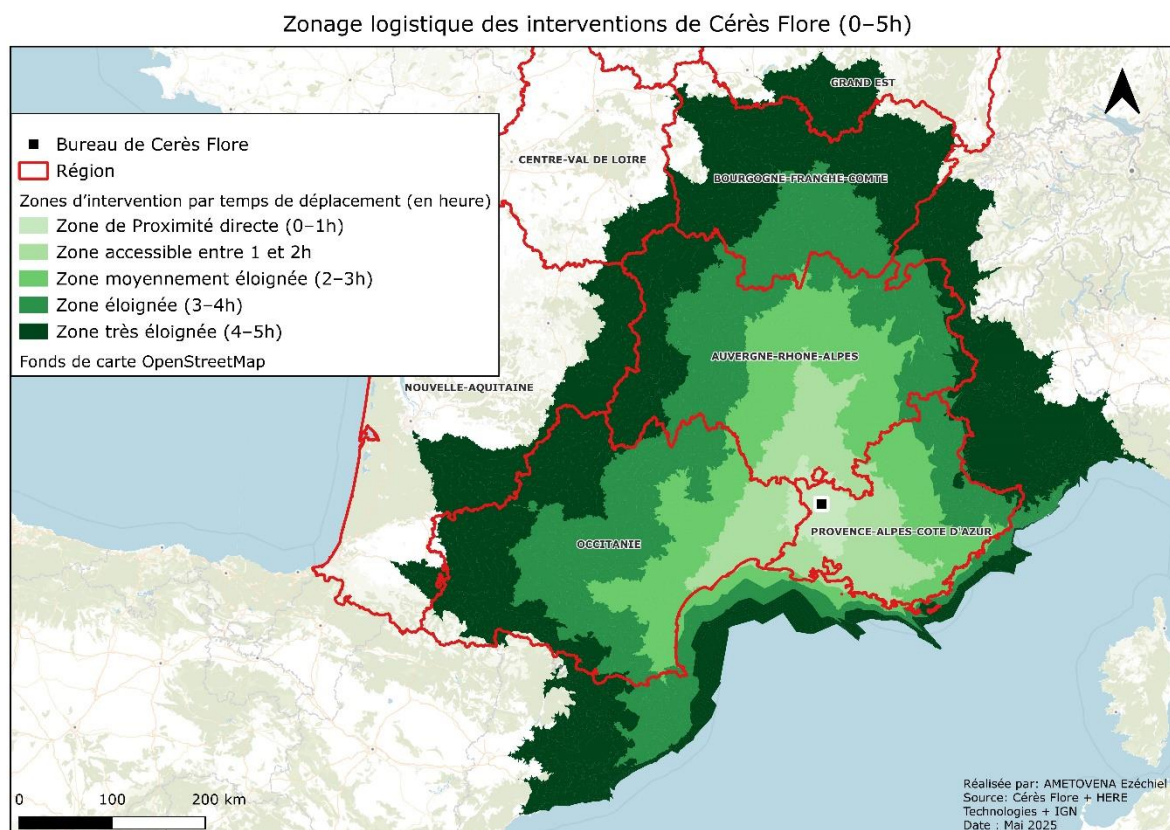
Ce zonage repose sur une analyse isochrone, réalisée à partir du bureau de Cérès Flore à l'aide de la plateforme ArcGIS Online. Le réseau routier utilisé est celui de HERE Technologies, reconnu pour sa précision, sa couverture étendue et sa capacité à intégrer différents types de voies. Ce réseau routier est particulièrement adapté pour les analyses spatiales en lien avec des activités implantées dans des milieux naturels ou agricoles, comme c'est le cas ici.

L'analyse isochrone permet de délimiter des zones accessibles en voiture par tranches de 15 minutes, jusqu'à un maximum de 300 minutes, soit 5 heures de trajet. Pour faciliter la visualisation sur la carte 4 qui suit, ces intervalles sont regroupés en cinq grandes classes. La première zone correspond à un temps de trajet de moins d'une heure, constituant la zone de proximité directe. La deuxième couvre la zone accessible entre une et deux heures. Vient ensuite la zone moyennement éloignée, entre deux et trois heures de trajet, puis la zone éloignée, entre trois à quatre heures, et enfin la zone très éloignée, correspondant aux trajets de quatre à cinq heures.

Ce zonage permet de guider la planification opérationnelle selon le degré d'éloignement. Les zones de proximité directe et accessible sont intégrées dans les tournées régulières, réalisées à la journée. Les zones moyennement éloignées nécessitent une organisation plus spécifique, comme le regroupement de missions sur plusieurs sites voisins. Quant aux zones éloignées et très éloignées, elles impliquent une logistique renforcée : déplacement sur plusieurs jours, hébergement des équipes, anticipation des moyens matériels, et éventuellement externalisation de certaines opérations.

Ce découpage constitue ainsi un outil d'aide à la décision, intégré au système d'information géographique de l'entreprise. Il permet d'articuler efficacement les contraintes de terrain, les objectifs de collecte et les capacités de l'équipe, tout en contribuant à une gestion optimisée des ressources et à une réduction des coûts logistiques.





Carte 4 : Zonage logistique des interventions de Cérès Flore (0-5h) – Source : Cérès Flore, HERE Technologies, IGN 2025 – Réalisation : Ezéchiél Ametovena

### 3.3.2. Identification des chemins les plus rapides entre le siège de Cérès Flore et les parkings des sites de prélèvement

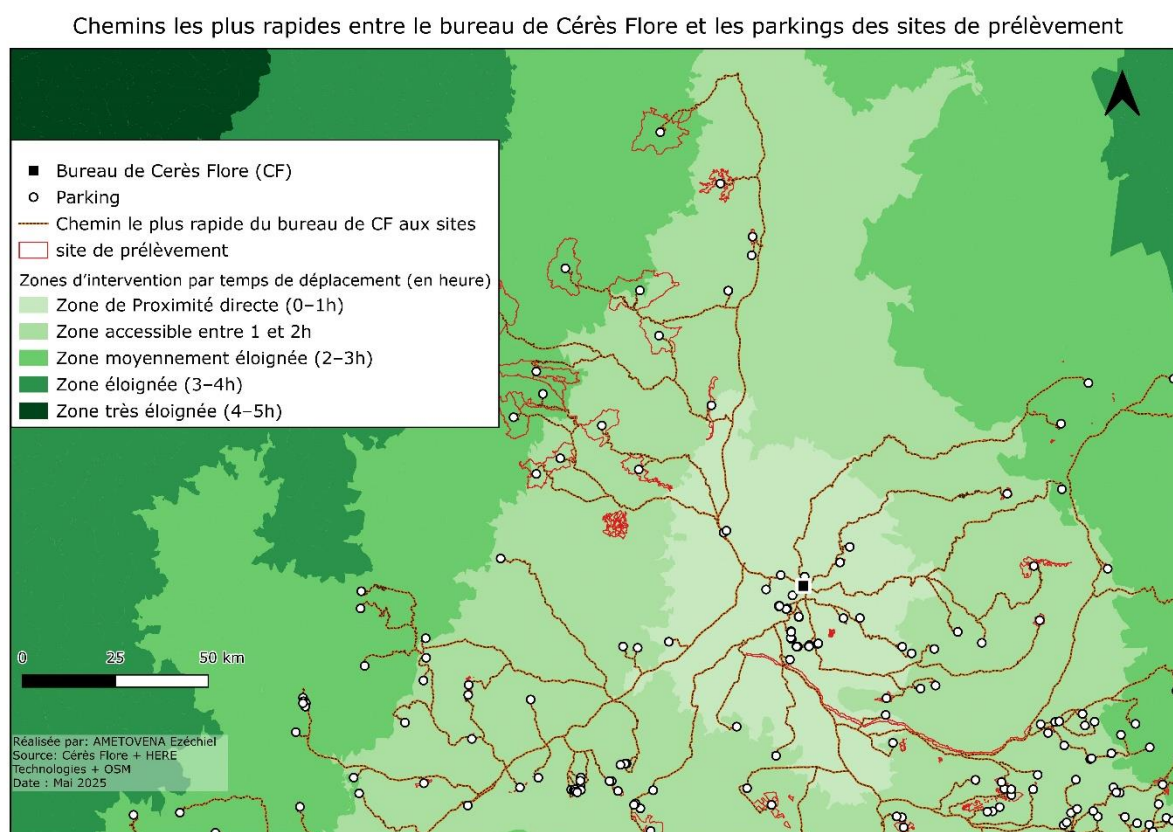
Cette section présente les trajets les plus rapides entre le siège de Cérès Flore et les parkings associés aux sites de prélèvement. L'analyse porte spécifiquement sur les points de stationnement, car c'est l'accès aux parkings et non aux sites eux-mêmes qui structure les déplacements opérationnels. Lorsqu'un site ne dispose pas de parking interne, le stationnement public le plus proche est retenu.

L'analyse s'appuie sur le réseau routier HERE, déjà mobilisé dans le cadre du zonage isochronique. Contrairement aux isochrones qui indiquent jusqu'où il est possible de se déplacer dans un temps donné, cette approche identifie les trajets optimaux reliant le siège aux différents parkings, en tenant compte des caractéristiques précises du réseau : types de voies, vitesses autorisées, règles de circulation, etc.

Les parkings proviennent de la base de données OpenStreetMap (OSM), qui offre une couverture riche et détaillée des équipements de stationnement sur l'ensemble du territoire concerné.

Chaque parking est localisé sur la carte, en complément des zones isochroniques, ce qui permet de croiser deux niveaux d'information : la zone dans laquelle se situe chaque site, et le chemin le plus rapide pour atteindre son point de stationnement depuis le siège. Le temps exact de trajet est ainsi connu, ce qui renforce la précision de la planification logistique.

Tous les parkings concernés figurent sur la carte 5 ci-dessous. Ce choix garantit une représentation exhaustive des options de stationnement disponibles, même si une sélection plus restreinte aurait pu améliorer la lisibilité.



Carte 5 : Chemins les plus rapides entre le bureau de Cérès Flore et les parkings des sites de prélèvement – Source : Cérès Flore, HERE Technologies, OSM 2025 – Réalisation : Ezéchiél Ametovena

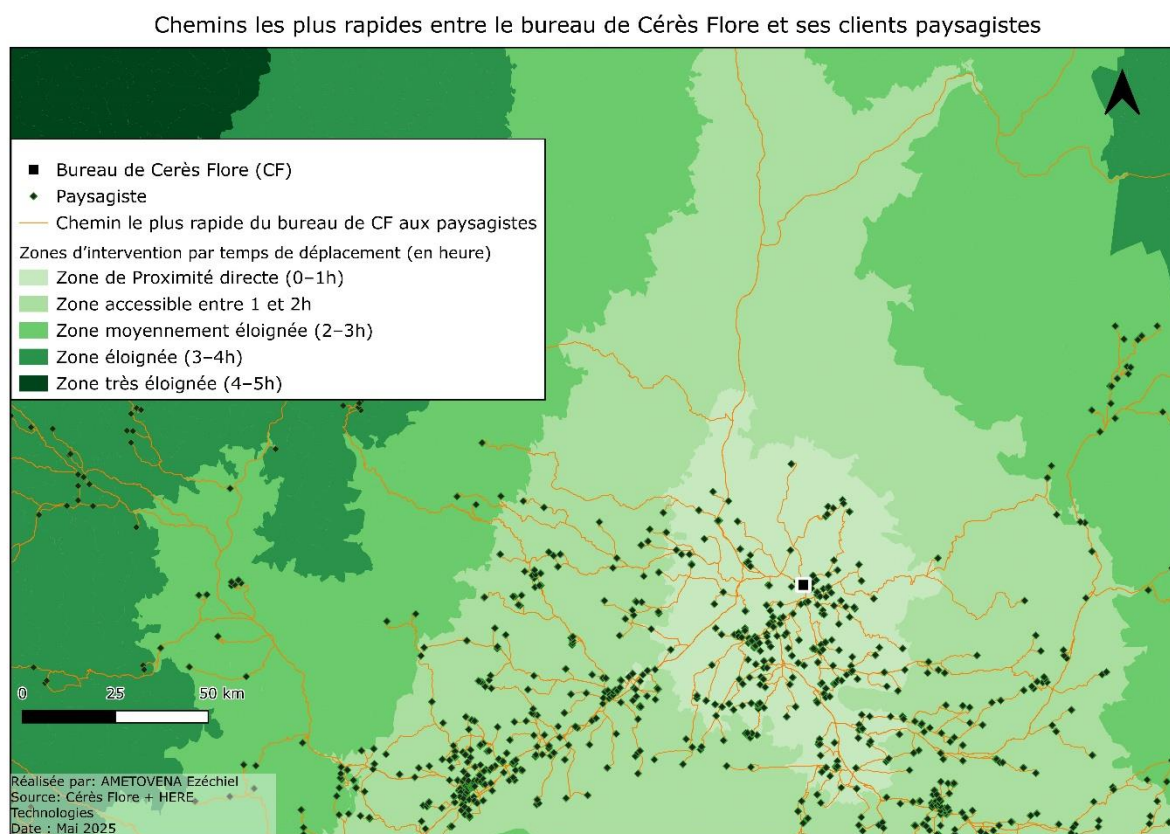
### 3.3.3. Identification des chemins les plus rapides entre le siège de Cérès Flore et ses clients paysagistes

Dans une logique de développement des relations avec sa clientèle, Cérès Flore prévoit d'organiser, dans les mois à venir, des visites d'échanges avec les paysagistes partenaires. Afin d'anticiper les contraintes logistiques que cela implique, il est indispensable d'identifier les trajets les plus rapides entre le siège de l'entreprise et les lieux d'activité de ses clients.

Les données de localisation des paysagistes sont issues directement de la base interne de Cérès Flore. L'objectif est ici d'obtenir une vision claire et précise des temps de trajet vers chaque client, en s'appuyant sur les données routières de HERE largement présenté précédemment.

Comme pour les sites de prélèvement, l'ensemble des itinéraires est cartographié, permettant de visualiser les trajets optimaux dans leur globalité. Bien qu'une représentation plus sélective aurait pu améliorer la lisibilité, notamment en ciblant certains paysagistes sur des critères de pertinence, le choix est fait de représenter l'intégralité des clients concernés. Cette option permet de conserver une approche exhaustive, utile pour la planification globale des futures visites surtout pour les opérations de livraison de plants.

La carte 6 ci-dessous illustre ces trajets, en articulation avec les zones isochroniques précédemment présentées.



Carte 6 : Chemins les plus rapides entre le bureau de Cérès Flore et ses clients paysagistes –  
Source : Cérès Flore, HERE Technologies 2025 – Réalisation : Ezéchiél Ametovena

## **4. Perspectives d'évolution du système d'information**

### **4.1. Vers un outil de calcul d'itinéraire pour l'optimisation des déplacements sur le terrain**

L'analyse des chemins les plus rapides entre le siège et les sites clients a mis en évidence l'intérêt d'un raisonnement géographique dans l'organisation des tournées terrain. Ce travail pourrait être prolongé par la création d'un outil de planification automatique des itinéraires, spécifiquement adapté aux contraintes et aux besoins de l'entreprise. Contrairement aux solutions généralistes comme Waze ou Google Maps, cet outil pourrait intégrer des critères personnalisés, tels que la nature du site de prélèvement, les conditions d'accès, la nécessité de transporter certains végétaux dans des délais restreints.

L'objectif serait de proposer automatiquement le meilleur itinéraire, sans détour, en lien direct avec les données du SIG interne. Ce système pourrait être intégré au SIG de l'entreprise ou développé sous la forme d'une application web légère, consultable par les équipes logistiques. Toutefois, en l'absence de ressources techniques ou financières suffisantes, l'entreprise pourrait dans un premier temps s'appuyer sur des solutions existantes comme Waze ou Google Maps, qui, bien qu'elles ne soient pas entièrement personnalisables, offrent une aide immédiate à la navigation et à l'optimisation des trajets.

### **4.2. Vers un cloud indépendant pour mieux sécuriser les données**

Les données récoltées via QField sont synchronisées sur QField Cloud. Bien que cette solution soit pratique, elle reste externe à l'entreprise du point de vue hébergement. Dans une logique de protection des données, il serait pertinent pour Cérès Flore d'envisager, à terme, le déploiement d'une solution cloud interne. Cela pourrait prendre la forme d'une instance PostGIS hébergée sur un serveur sécurisé.

### **4.3. Conception d'une carte en ligne pour mieux communiquer**

Bien que ce mémoire n'aborde pas la conception d'une carte interactive, il met en évidence l'intérêt qu'un tel outil pourrait représenter pour valoriser les actions de Cérès Flore. Une carte en ligne, intégrée au site internet de l'entreprise, offrirait une vision synthétique et attractive des projets réalisés. Elle permettrait de renforcer la lisibilité des interventions, de rendre compte de leur diversité géographique et temporelle.

Un tel support pourrait, par exemple, permettre de filtrer les projets selon plusieurs critères comme l'année de réalisation, le type d'aménagement ou le nombre de plants mobilisé. Il pourrait également intégrer des fiches détaillées par projet, des photographies de terrain, des



témoignages de partenaires ou encore une animation temporelle illustrant l'évolution des interventions.

Afin d'illustrer cette idée, un modèle de carte interactive est réalisé à titre d'exemple dans le cadre de ce mémoire (Figure 5). Il s'agit d'un prototype simple, non définitif, pensé comme un support d'inspiration. L'entreprise reste naturellement libre de s'en saisir, de le modifier, ou de développer sa propre version selon ses besoins spécifiques, ses ressources techniques et ses priorités de communication.

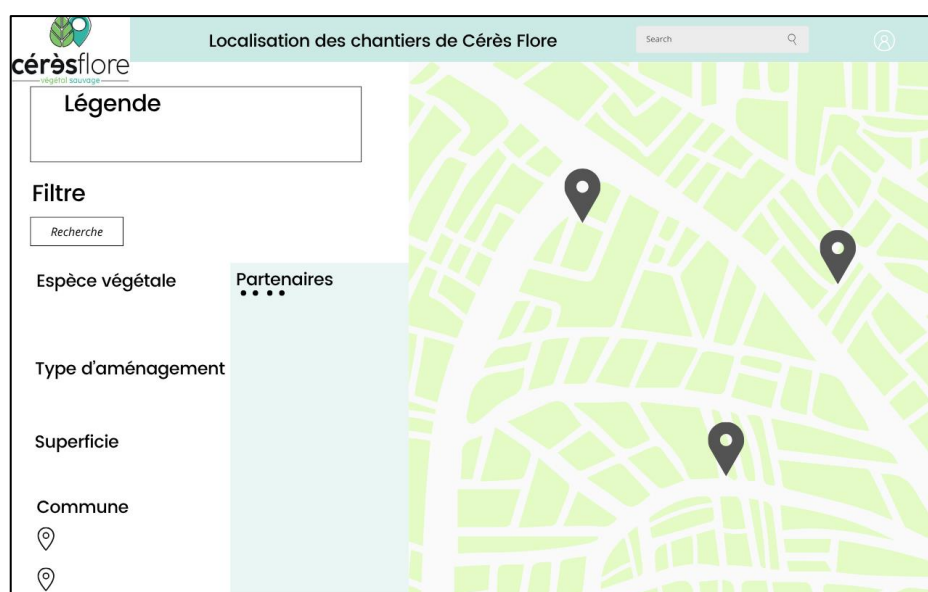


Figure 5 : Localisation des chantiers de Cérès Flore – Réalisation : Ezéchiél Ametovena

#### 4.4. Pérennisation de la démarche SIG

Pour garantir la continuité de la démarche géomatique engagée, il serait judicieux de former une ou deux personnes en interne à la gestion du SIG. Cette montée en compétence permettrait de renforcer l'autonomie des équipes dans l'exploitation des données, de limiter la dépendance à une expertise externe, et de faciliter l'évolution du système selon les futurs besoins de l'entreprise.

Dans cette optique, plusieurs ateliers de transfert de compétences ont déjà été menés tout au long du mémoire, en lien avec les outils utilisés (QGIS, QField, base de données). Une session plus structurée de formation est par ailleurs prévue à la fin du mémoire, afin de consolider ces acquis et d'assurer une meilleure appropriation du nouveau SI par l'équipe interne.

## **Conclusion**

Ce mémoire a porté sur la restructuration et l'enrichissement du système d'information de Cérès Flore, une entreprise engagée dans la végétalisation. L'objectif principal était d'optimiser le système d'information (SI) existant afin de le rendre plus performant, structuré et adapté aux besoins opérationnels, tout en facilitant la collecte, la mise à jour et la diffusion des données.

Dans un premier temps, un diagnostic complet du système d'information a permis d'identifier plusieurs dysfonctionnements, tels que l'absence de structuration, les difficultés d'actualisation, ou encore la duplication excessive des données. Ces constats ont conduit à la réorganisation du SI, notamment à travers la modélisation conceptuelle et logique des données.

La deuxième étape majeure du projet a consisté à intégrer l'outil QField couplé à QField Cloud, dans le but de faciliter la saisie et la synchronisation des données terrain avec l'environnement SIG de l'entreprise. Un comparatif des options disponibles et la conception d'un prototype adapté aux besoins de Cérès Flore ont permis de poser les bases d'un outil efficace et simple d'utilisation.

L'enrichissement du SI s'est appuyé sur l'intégration de nouvelles données géographiques issues d'open data, notamment des Modèles Numériques de Terrain (MNT) et leurs dérivés qui sont la pente et l'ombrage, mais aussi des données climatiques prospectives RCP 8.5. Ces dernières ont permis de produire des cartes d'écarts du nombre de jour chaud entre 2024 et 2054, utiles à la planification des opérations à venir dans un contexte de changement climatique.

Enfin, une analyse spatiale logistique a été conduite pour accompagner les prises de décisions sur le terrain. Cette analyse a permis de produire un zonage des déplacements autour du siège, d'identifier les itinéraires optimaux vers les sites de collecte et les clients paysagistes, et de structurer l'information dans un outil d'aide à la décision intégré au SIG.

Les réalisations de ce mémoire pourraient être plus poussées vers le développement d'un outil complet de calcul d'itinéraire optimisé, par l'hébergement des données sur un cloud indépendant pour plus de sécurité, ou encore par la mise en place d'une carte interactive en ligne, destinée à valoriser les actions de l'entreprise auprès de ses partenaires et du grand public.

## **Bibliographie**

LOUVEL J., GAUDILLAT V., PONCET L., 2013. EUNIS, European Nature Information System, Système d'information européen sur la nature. Classification des habitats. Traduction française. Habitats terrestres et d'eau douce. MNHN-DIREV-SPN, MEDDE, Paris, 289 p.

ORGANISATION METEOROLOGIQUE MONDIALE, 2017. Directives de l'OMM sur l'élaboration d'un ensemble défini de produits nationaux de surveillance du climat. [En ligne] consulté le 20/05/2025. URL :

[https://library.wmo.int/viewer/54910/download?file=1204\\_fr.pdf&type=pdf&navigator=1](https://library.wmo.int/viewer/54910/download?file=1204_fr.pdf&type=pdf&navigator=1).

SERVIGNE, S., LIBOUREL., T. 2006. Fondements des bases de données spatiales. Lavoisier, Septembre 2006. 236p.

UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE, 2017. Soil Survey Manual, [En ligne] consulté le 20/05/2025. URL : <https://www.nrcs.usda.gov/sites/default/files/2022-09/The-Soil-Survey-Manual.pdf>

## Webographie

Cerema, La zone humide d'importance internationale (sites Ramsar), [En ligne] consulté le 23/02/2025. URL : <https://outil2amenagement.cerema.fr/outils/la-zone-humide-dimportance-internationale-sites-ramsar>.

CERESFLORE. Objectifs et missions de Cérès Flore. [En ligne] consulté le 17/01/2025. URL : <https://ceres-flore.fr/>

CLIMATIC COPERNICUS. Gridded monthly climate projection dataset underpinning the IPCC AR6 Interactive Atlas. [En ligne] consulté le 15/05/2025. URL : <https://cds.climate.copernicus.eu/datasets/projections-climate-atlas?tab=download>

DATA GOUV. Espaces verts et assimilés. [En ligne] consulté le 18/01/2025. URL : <https://www.data.gouv.fr/fr/datasets/espaces-verts-et-assimiles/>

DATA SUD. Espaces publics du Métropole Aix-Marseille-Provence. [En ligne] consulté le 20/01/2025. URL : <https://www.datasud.fr/explorer/fr/jeux-de-donnees/parc-et-jardin-bd-topo-zone-dactivite-ou-dinteret/info>

EUNIS HABITAT. Système d'information européen sur la nature. [En ligne] consulté le 10/01/2025. URL : <https://www.eea.europa.eu/en/datahub/datahubitem-view/123d0c9a-a6fa-4f2d-b887-5d8e5468faed>

GEOSERVICES IGN. Services Web Experts Environnement. [En ligne] consulté le 10/01/2025. URL : <https://geoservices.ign.fr/services-web-experts-environnement>

INFORM-INDUSTRIE. Comment bien choisir sa tablette industrielle ? [En ligne] consulté le 04/01/2025. URL : <https://www.inform-industries.fr/comment-bien-choisir-sa-tablette-industrielle/>

INPN. L'inventaire ZNIEFF. [En ligne] consulté le 10/01/2025. URL : [https://inpn.mnhn.fr/programme/inventaire-znieff/presentation?utm\\_source=chatgpt.com](https://inpn.mnhn.fr/programme/inventaire-znieff/presentation?utm_source=chatgpt.com)

INTEGRAL-SYSTEM. [En ligne] consulté le 04/01/2025. URL : <https://www.integral-system.fr/comment-choisir-tablette-durcie>

MINISTERE DE L'AMENAGEMENT DU TERRITOIRE ET DE LA TRANSITION ECOLOGIQUE, Espèces exotiques envahissantes, [En ligne] consulté le 30/01/2025. URL : <https://www.ecologie.gouv.fr/politiques-publiques/especes-exotiques-envahissantes>

MUSEE SEINE ET MARNE, Des origines à nos jours, [En ligne] consulté le 24/01/2025.

URL : <https://www.musee-seine-et-marne.fr/sites/www.musee-seine-et-marne.fr/files/media/downloads/evolution-agriculture.pdf>

OPENGIS. Documentation de l'écosystème QField. [En ligne] consulté le 09/12/2024. URL :

<https://docs.qfield.org/>

PROJEXION, Quand et pourquoi engager un diagnostic de son Système d'Information ? [En ligne] consulté le 24/02/2025. URL :

<https://www.projexion.com/carrefour-apprentissage/rex/diagnostic-si/>

SENAT, Situation préoccupante de disparition des haies et des bosquets en France, [En ligne]

consulté le 24/01/2025. URL :

<https://www.senat.fr/questions/base/2019/qSEQ190610799.html>

UNIDATA, Network Common Data Form (NetCDF), [En ligne] consulté le 20/05/2025.

URL : <https://www.unidata.ucar.edu/software/netcdf/>

## TABLE DES ILLUSTRATIONS

### Liste des figures

Figure 1: Illustration de deux versions de la même couche .....	14
Figure 2 : Modèle conceptuel de données de Cérès Flore .....	20
Figure 3 : Modèle logique de données de Cérès Flore .....	24
Figure 4 : Fonctionnement de Qfield/Qfield Cloud .....	29
Figure 5 : Localisation des chantiers de Cérès Flore .....	44

### Listes des tableaux

Tableau 1 : Les questions QQQQ pour l'identification des entités .....	17
Tableau 2 : Les questions CP pour identifier les dimensions éthiques et opérationnelles du SI .....	18
Tableau 3 : Comparaison des outils de saisie de données .....	26
Tableau 4: Proposition du plan d'abonnement Qfield Cloud .....	28
Tableau 5 : Comparatif entre tablette grand public et tablette durcie .....	31

### Listes des cartes

Carte 1 : Pente sur le site Marais du Scamandre dans le département du Gard .....	34
Carte 2 : Ombrage sur le site Marais du Scamandre dans le département du Gard .....	36
Carte 3 : Ecart projeté du nombre de jours chauds (>35°C) entre 2024 et 2054 sur le site retenue de l'escale .....	38
Carte 4 : Zonage logistique des interventions de Cérès Flore (0-5h).....	40
Carte 5 : Chemins les plus rapides entre le bureau de Cérès Flore et les parkings des sites de prélèvement .....	41
Carte 6 : Chemins les plus rapides entre le bureau de Cérès Flore et ses clients paysagistes ..	42

## TABLE DES MATIERES

REMERCIEMENT .....	III
SOMMAIRE .....	IV
SIGLES ET ACCRONYMES.....	V
Introduction .....	1
1. Présentation et diagnostic du SI de Cérès Flore .....	7
1.1. Fonctionnement de la structure .....	7
1.2. Diagnostic du SI de la structure .....	8
1.2.1 Les données entrantes et sortantes du système d'information actuel.....	9
1.2.1.1 Les données entrantes.....	9
1.2.1.2 Les données sortantes .....	10
1.2.2 Les limites du SI de Cérès Flore .....	11
1.2.2.1 Problème d'organisation et de structuration de données.....	11
1.2.2.2 Difficultés d'actualisation de données et absence de certaines informations essentielles.....	12
1.2.2.3 Collecte d'information sur le terrain imparfaite.....	13
1.2.2.4 Duplication excessive des couches et incohérence dans la structure des dossiers	13
2. Réorganisation du SI de Cérès Flore.....	15
2.1. Les attendus du nouveau système d'information .....	15
2.1.1 Une amélioration de la nomenclature et de la structuration de données .....	15
2.1.2 Une amélioration de l'actualisation des données et de la disponibilité des informations essentielles .....	15
2.1.3 Réduire la duplication des couches et harmonisation de la structure des dossiers	16
2.2. Conception du modèle conceptuel et du modèle logique de données .....	16
2.2.1 Démarche d'identification des éléments constitutifs des modèles.....	16
2.2.1.1 La méthode QQQQCP .....	17
2.2.1 Modèle conceptuel de données (MCD).....	18
2.2.2 Tables issues du MCD .....	21
2.2.1 Modèle logique de données (MLD) .....	23
2.3. Proposition de Qfield cloud pour garantir la performance du SIG de l'entreprise ...	25
2.3.1. Benchmarking pour le choix de l'outil.....	25
2.3.2. Comparatif des différentes options d'utilisation de Qfield cloud .....	27
2.3.3. Conception et fonctionnement de Qfield /Qfield cloud .....	28
2.3.3.1. Fonctionnement de Qfield/Qfield Cloud.....	28

2.3.3.2.	Conception de Qfield / Qfield Cloud pour les besoins opérationnels de Cérès Flore	29
2.3.3.3.	Choix du dispositif adapté pour la saisie de données terrain .....	30
2.3.3.4.	Gain de temps significatif grâce à Qfield cloud .....	32
3.	Renforcement du SIG de Cérès Flore pour un meilleur fonctionnement opérationnel ....	32
3.1.	Le Modèle Numérique de Terrain et ses dérivées .....	33
3.1.1.	Calcul et exploitation de la pente .....	33
3.1.2.	L'ombrage et l'ensoleillement .....	35
3.2.	Les données climatiques .....	36
3.3.	Structuration spatiale des déplacements autour du siège de Cérès Flore .....	39
3.3.1.	Zonage logistique des déplacements à partir du siège de Cérès Flore .....	39
3.3.2.	Identification des chemins les plus rapides entre le siège de Cérès Flore et les parkings des sites de prélèvement .....	40
3.3.3.	Identification des chemins les plus rapides entre le siège de Cérès Flore et ses clients paysagistes .....	41
4.	Perspectives d'évolution du système d'information .....	43
4.1.	Vers un outil de calcul d'itinéraire pour l'optimisation des déplacements sur le terrain	43
4.2.	Vers un cloud indépendant pour mieux sécuriser les données .....	43
4.3.	Conception d'une carte en ligne pour mieux communiquer .....	43
4.4.	Pérennisation de la démarche SIG .....	44
	Conclusion.....	45
	Bibliographie .....	46
	Webographie.....	47
	TABLE DES ILLUSTRATIONS.....	49
	Liste des figures .....	49
	Listes des tableaux .....	49
	Listes des cartes.....	49
	TABLE DES MATIERES .....	50