

Léa Egret

l.egret@ecosec.fr

lea@compostons.org

06 43 02 95 17



Rapport final

Projet Waste Connexion

Contrat 1682C0215

Décembre 2017



Sommaire

Résultats obtenus.....	3
Les objectifs du projet	3
Une équipe pluridisciplinaire	4
Les résultats obtenus	5
Un développement rythmé par l’implantation de composteurs de quartier à Montpellier	5
Prototype expérimental et création de la plateforme d’affichage en ligne.....	7
V1 : Expérimentation des capteurs en milieu contrôlé et calibrage	10
V2 : Intégration des boitiers connectés aux composteurs de quartier	13
V3 : Intégration du boitier au composteur de quartier GAPAN, développement modulaires des cartes	16
Travaux restants sur le sprint #2	20
Les bénéfices environnementaux.....	21
La force de la sensibilisation au tri : l’autonomisation du recyclage citoyen.....	21
La démocratisation du compostage : des GES évités, un puits de carbone.....	22
Développement économique de Waste Connexion	23
Marché et caractérisation des clients potentiels	23
Modèle économique	24
Avantages concurrentiels	24
Estimation du CA sur 3 ans	25
Opportunités et limites	26
Techniques	26
Réglementaires et institutionnelles	27
Financières - Capacités de l’entreprise	27
Commerciales.....	28
La GreenTech Verte un levier déclencheur	29
Brevets.....	29
Récapitulatif total des dépenses	30

Résultats obtenus

Les objectifs du projet

[Ecosec](#) est une start up montpelliéraine qui conçoit et développe des solutions afin de refermer le cycle des nutriments en centre ville. 2 axes de développement : les toilettes sèches à séparation et le compostage.

En septembre 2016, le projet Waste Connexion a été lauréat de l'incubateur GreenTechVerte.

[>> Lien vers le dossier de candidature <<](#)

Le financement a permis de soutenir le développement d'un outil de suivi à distance et en temps réel du processus de compostage. Le boîtier est autonome en énergie et en réseau et peut s'adapter sur tout type de composteur hors sol. Les objectifs du boîtier sont de :

- Prévenir les interventions liées à sa bonne gestion en réduisant les interventions de professionnels
Capteurs de poids, de température et d'humidité
- Générer des alertes (SMS) pour optimiser la maintenance et éviter les mauvaises odeurs
Capteurs de gaz (ammoniac/CO2, méthane, température et humidité)
- Rendre le compostage moderne et ludique (Smart City), participant à la cohésion sociale en créant une communauté connectée autour d'un projet fédérateur
- Plateforme en ligne pour analyser en temps réel des données issues des différentes sondes et capteurs

Le boîtier permettra ainsi de réduire les coûts d'intervention, pérenniser les projets, moderniser et démocratiser le compostage.



**Réduction des coûts de gestion/
Accompagnement selon besoin**

Données température, humidité, poids en temps réel



Intervention en moins de 2h si apparition d'odeurs

Alerte SMS



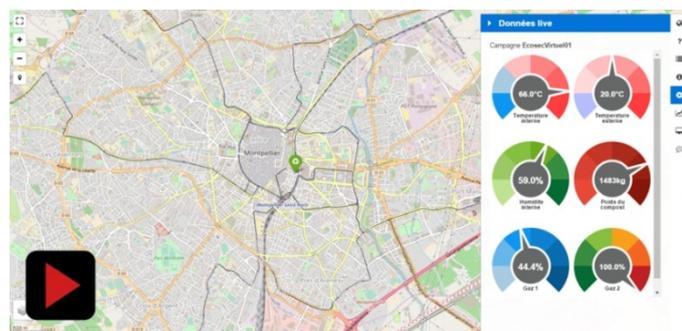
Création d'une communauté connectée/blog d'utilisateur

Plate-forme en ligne



Normalisation du compost

Valider un process plutôt que le produit fini



Une équipe pluridisciplinaire

Ecosec

Structure de la gestion des services écologiques

Si le principe du compostage est plutôt simple, la problématique de l'usage des composteurs au jour le jour et de mobilisation d'un quartier vers l'autonomisation de sa gestion est complexe.

Comment réinventer les objets, les services et les outils de mise en route pour que le compostage en pied d'immeuble devienne simple, hygiénique et ludique : tel est le défi qu'Ecosec compte relever, condition sine qua non d'un passage à l'échelle.

GreenTechVerte

Soutien à la transition écologique par le numérique

Sous la tutelle du Ministère de l'Environnement, l'incubateur a soutenu financièrement, via l'Ademe, le projet Waste Connexion. Le réseau a également permis de mettre en avant l'innovation en participant à des événements à l'Ecole des Ponts et au salon Pollutech.

LabSud

Le fablab de Montpellier

Le concept de fablab est né aux Etats-Unis il y a une trentaine d'année dans la célèbre université du Massachusetts (MIT). Son principe est de mettre à disposition de ses membres du matériel de fabrication (principalement numérique mais pas uniquement) et le savoir-faire qui va avec. Un fablab est donc avant tout un lieu de création, d'innovation, d'échange et de partage. LABSud accompagne également les entreprises dans la création de leur prototype de produit.

Surya Consultants

Mornitoring opensource et lowcost

Regroupement d'experts indépendants qui interviennent en assistance technique et mène des actions de R&D pour le développement de solutions de monitoring de bâtiments opensource et lowcost, tant sur les aspects matériels et équipements que sur les aspects traitement et exploitation des données.

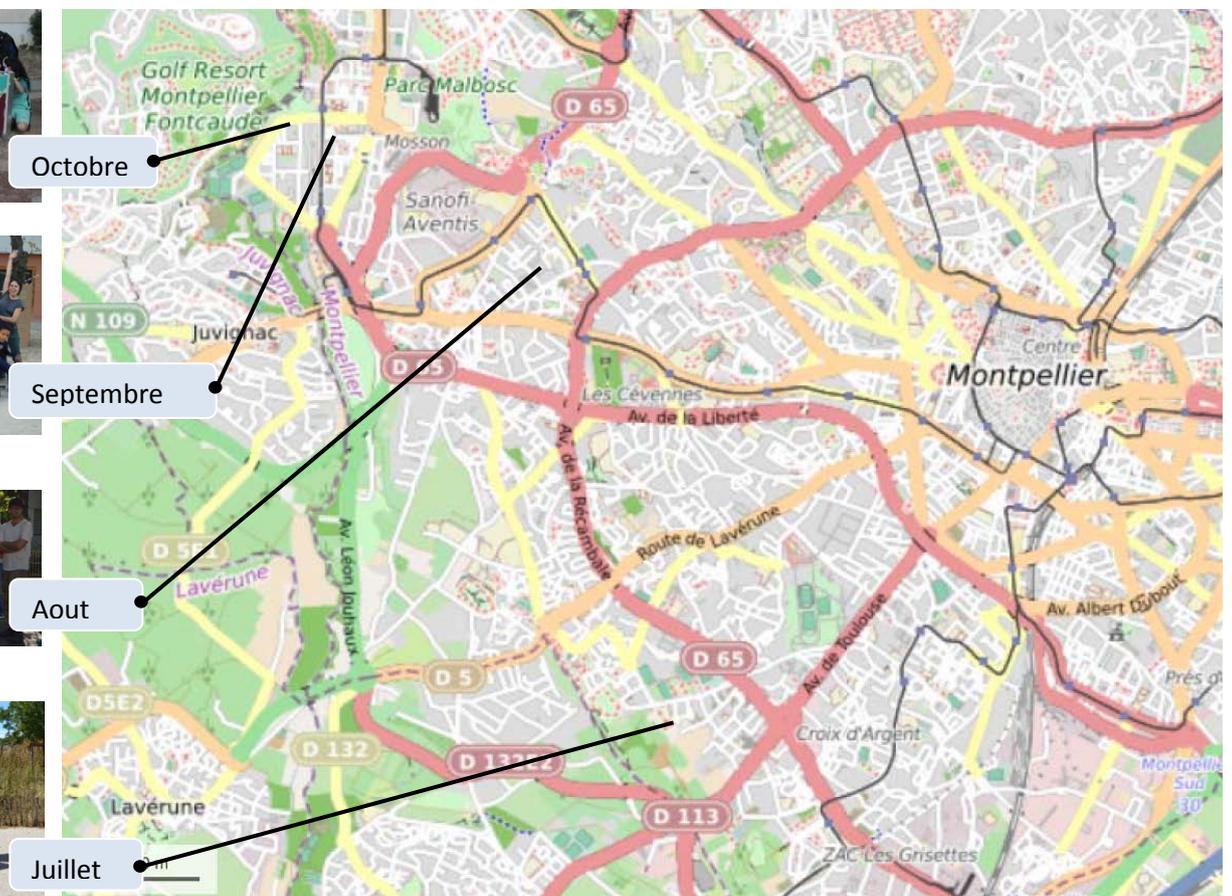


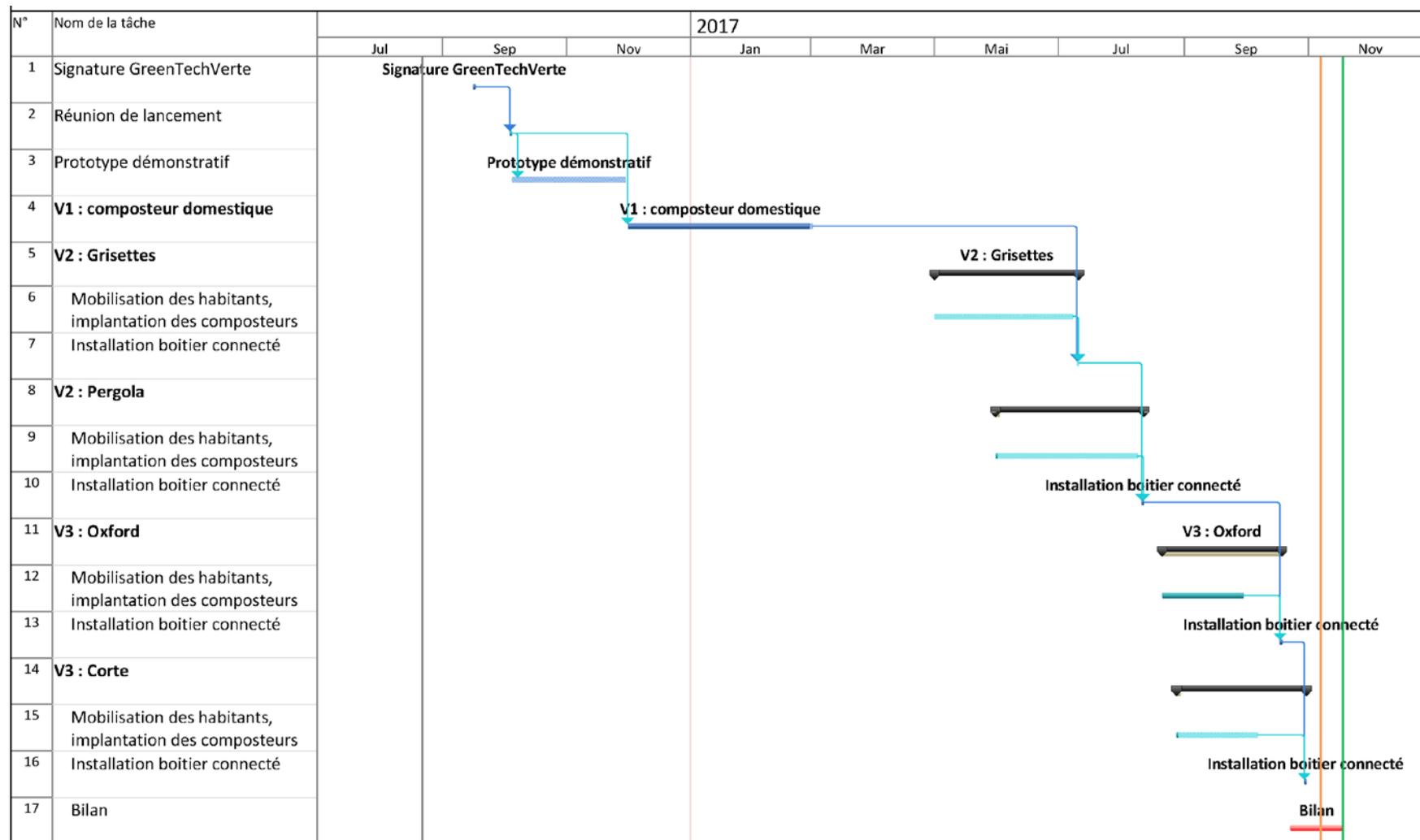
Les résultats obtenus

Un développement rythmé par l'implantation de composteurs de quartier à Montpellier

Le projet initial prévoyait d'expérimenter les boîtiers connectés en situation réelle sur des composteurs de quartier dans le Languedoc-Roussillon. La technologie Waste Connexion a vivement intéressée les collectivités locales, grâce aux sécurités et bénéfices qu'apportent le boîtier, des composteurs collectifs ont été implanté pour la première fois à Montpellier. Les partenariats locaux sont la Montpellier Méditerranée Métropole ainsi que le bailleur social Hérault Habitat. Le calendrier du projet Waste Connexion a été ralenti par celui de l'implantation tardive des composteurs par rapport à ce qui avait été avancé. Ces retards ont laissé peu de temps pour la mise en place des betas tests et des retours d'expériences.

- Novembre : Développement d'un prototype expérimental et de la plate forme en ligne
- Mars : Expérimentation V1 sur composteur domestique
- Juillet : Installation du beta test V2 lors de l'implantation de composteurs connectés aux Grisettes et à la Pergola
- Septembre : Installation du beta test V3 lors de l'implantation de composteurs connectés à Oxford et Corte





Prototype expérimental et création de la plateforme d'affichage en ligne

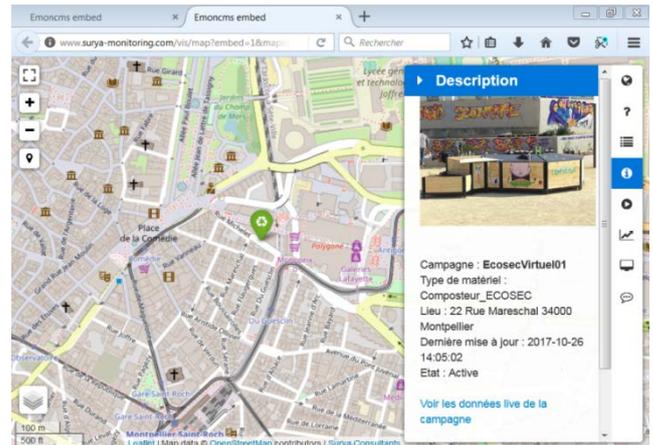
Objectif

- ➔ Développer la plateforme en ligne d'affichage
- ➔ Expérimenter un boîtier de démonstration à faire communiquer avec la plateforme
- ➔ Recueillir des avis et contacts commerciaux au salon PolluTech

Description technique

Plate forme en ligne

- Collecte et affiche des données transmises par réseau GPRS du boîtier connecté
- Fonctionnalités de base : gestion du matériel et des campagnes, carte avec bandeau latéral simplifié et tableaux de bord basiques.

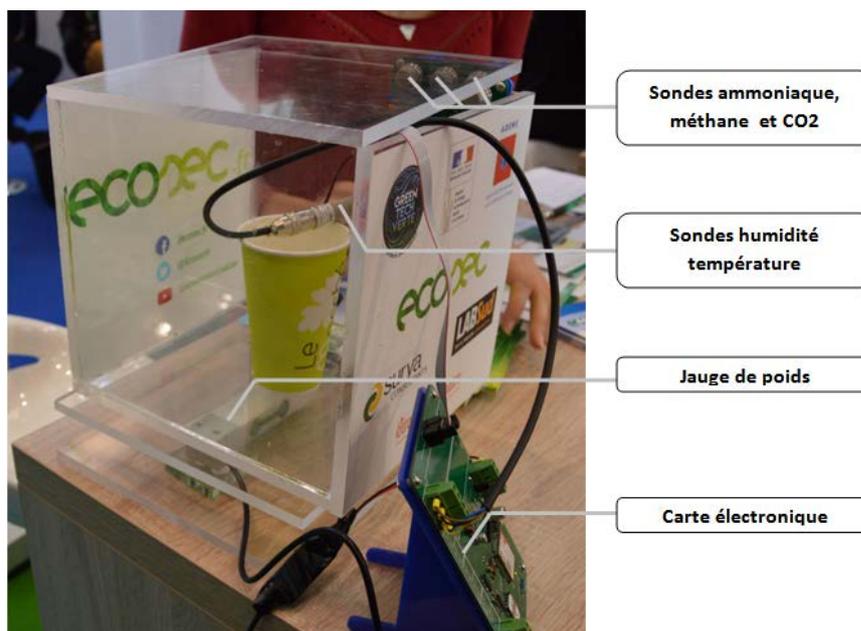


Boîtier de démonstration

- Une jauge de déformation (poids)
- Capteurs de Méthane, CO2 et ammoniacque
- Sonde de température et d'humidité
- Branché sur réseau électrique

Dialogue

- Envoi et actualisation des données toutes les 10 secondes



Résultats

- Le boîtier de démonstration

Version basique et fonctionnelle : en insérant une tasse d'eau chaude dans le boîtier on pouvait observer simultanément l'augmentation de la température et du taux d'humidité sur les jauges de la plate forme.

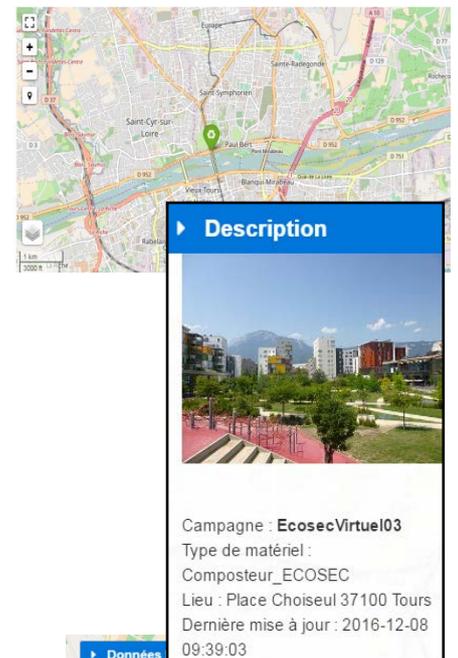
- La plateforme en ligne d'affichage

[>> Lien vers la plateforme <<](#)

La plate forme comprend :

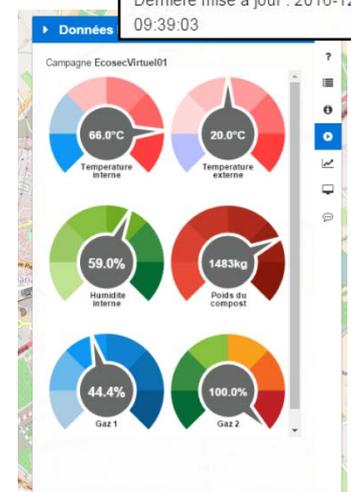
Une carte OpenStreetMap référençant les composteurs connectés sur laquelle on peut faire apparaître d'autres niveaux d'information (colonne de tri, déchetterie...)

Un champ « information » qui renseigne sur l'adresse du composteur, sa localisation précise, sa date d'installation, les personnes référentes...



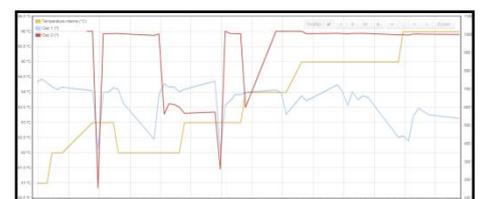
Les jauges permettant d'accéder aux relevés en direct des différents capteurs

- Jauges à définir en fonction des capteurs choisis
- Valeurs maximales et minimales à préciser
- Définir la palette des couleurs



Les courbes offrant la lecture de l'historique des capteurs depuis leur mise en fonctionnement

- Echelonnage des courbes à définir après retour des données terrains (beta test)





Cette première version a retenu l'attention de nombreux visiteurs pour différent usage dont Nicolas Hulot au salon PolluTech 2016 où nous intervenions en temps que lauréat GreenTechVerte.

<https://www.youtube.com/watch?v=pz6w5Kh8>

[74A](#)

V1 : Expérimentation des capteurs en milieu contrôlé et calibrage

Objectif

- ➔ Observer les réponses des différentes données captées en fonction des variations de l'environnement
- ➔ Dimensionner l'alimentation solaire

Description technique

Le boîtier V1 développé par notre partenaire LabSud permettait d'acquérir les données suivantes

- Température et humidité du compost
- Evaluation qualitative des gaz ammoniac et/ou méthane ainsi que les gaz soufrés par des capteurs situés dans une chambre à part
- Poids des biodéchets ajoutés
- Position GPS

Le système était autonome en énergie et alimenté par un panneau solaire volontairement sur dimensionné.



Les données étaient envoyées sur un serveur via une liaison GPRS sur une plateforme intermédiaire de test.

>> [Plateforme test](#) <<

Protocole d'essai

- Montage, programmation et essais « sur table » (Pollutech)
- Test sur composteur grand public à vide et en extérieur afin d'évaluer les variations des différents capteurs
- Test avec cycle de compostage normal (fermentation aérobique sans odeur)
- Test avec cycle de compostage dysfonctionnant (fermentation anaérobique avec odeur)

Résultats

[>> Rapport FABLab Sprint#1 <<](#)

Partie communication et serveur fonctionnelle

Communication centrale-serveur : opérationnelle

Mesure de poids : opérationnelle malgré les variations et marges d'erreur dues aux variations de température, à l'hystérésis et à la marge d'erreur du constructeur.

Humidité/température intérieure : sonde corrodée, milieu trop humide et agressif



Figure 1 : Sonde interne de température et humidité corrodée en 2 mois d'expérimentation

Gaz : ces détecteurs (de type MQ) ont en soi bien fonctionné mais ont donné des résultats insatisfaisants (pas de corrélation entre les mesures et les créations d'odeur). La contrainte de la basse consommation amène sûrement des biais dans un environnement complexe.

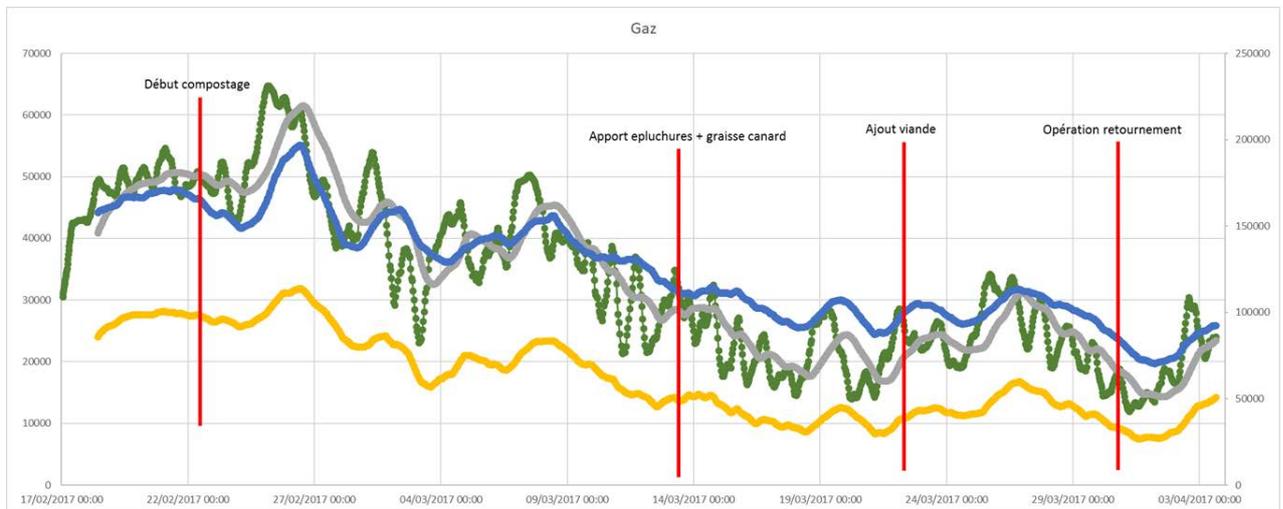


Figure 2 : Graphique des relevés des différents gaz en fonction des interventions

Conclusions

- Test d'un autre module de gaz CCS811 un peu plus coûteux mais consommation électrique plus faible et capable détecter mauvaises odeurs selon descriptions techniques
- Isolement de la sonde de température/humidité dans une poignée fixée au fond dans le tas de compost
- Isolement des parties électroniques dans un boîtier étanche

V2 : Intégration des boîtiers connectés aux composteurs de quartier

Objectifs

- Intégrer le boîtier connecté aux composteurs GAPAN déjà existant
- Pouvoir suivre la vie de composteurs de quartier approvisionnés par les habitants

Description technique

Les deux bacs d'apport des deux composteurs ont été équipé de boîtiers connectés V2

- Conception modulaire : Les différentes fonctionnalités ont été sur différentes platines afin de pouvoir adapter les cartes en fonction de la situation et d'envisager des évolutions et/ou rajout de capteur sans devoir tout changer. Les différentes cartes sont :
 - Module maître et communication : jouera les « chefs d'orchestre » en agglomérant les données de tous les capteurs et en les envoyant au serveur via réseau
 - Module alimentation : s'occupera de tout le volet alimentation pour accepter le branchement du panneau solaire, la gestion des batteries et au besoin la génération des différentes alimentations nécessaires.
 - Module gaz : sera inclus dans une chambre dédiée avec ventilateur piloté et capteur modèle CCS811. Ce capteur basse consommation permet d'évaluer la qualité de l'air et d'après la documentation les mauvaises odeurs.
 - Module de mesure humidité/température
 - Module poids : permettra de prendre en charge jusqu'à 4 jauges de contrainte.
- Les cartes protégées dans un boîtier en aluminium hermétique placé sous le couvercle. La sonde d'humidité interne était fixée au boîtier à l'extérieur et le capteur solaire sur le couvercle du boîtier puis solidarisé au couvercle du composteur.
- Des boîtiers relais fixés sous le fond abritaient les éléments électroniques des capteurs de poids, de température et humidité externes.
- Les capteurs de poids ont été fixé sur la structure en acier du composteur
- Le fond des composteurs en acier ont été renforcé pour résister à la déformation. Une poignée en acier a été fixé dans le fond pour loger le capteur interne de température à 30 cm au cœur du compost.



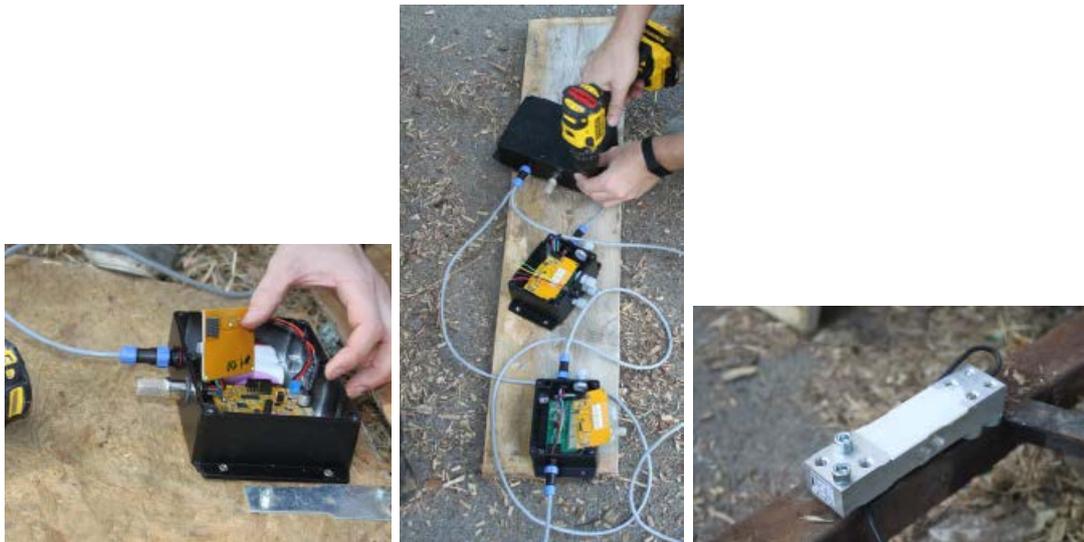
Figure 3 : Approvisionnement du bac où l'on voit le logement de la sonde interne de température

Protocole d'essai

>> [Cahier des charges Sprint #2](#) <<

- 22 juillet : Installation du boîtier dans le composteur des Grisettes, 2 semaines après l'implantation du composteur dans le quartier pour limiter les risques de vandalisme. En effet, nous avons préféré observer comment été reçu le composteur, installé sur un lieu public de passage, avant d'y mettre de l'électronique.
- Approvisionnement du composteur par les habitants : Il faut un mois seulement pour remplir un bac d'apport de 660 litres
- Données transmises sur une plate forme test

- 11 aout : Installation du boîtier connecté dans le composteur de la Pergola, 2 semaines après le déplacement du composteur



- Approvisionnement du composteur par les habitants : Les bacs ont été rempli plus lentement et simultanément.
- Données transmises sur une plateforme test

>> [Plate forme test](#) <<

Résultats

L'adaptation des boîtiers sur les composteurs a été assez chronophage (nombreux trous dans l'acier pour fixer les capteurs de poids, adaptation des fonds, problèmes d'intégration...)

Pas de vandalisme sur les boîtiers connectés ni les composteurs

Communication centrale serveur opérationnelle

Un problème avec les cartes SIM a stoppé la communication pendant quelques jours. Repli vers une solution Machine to Machine (M2M)

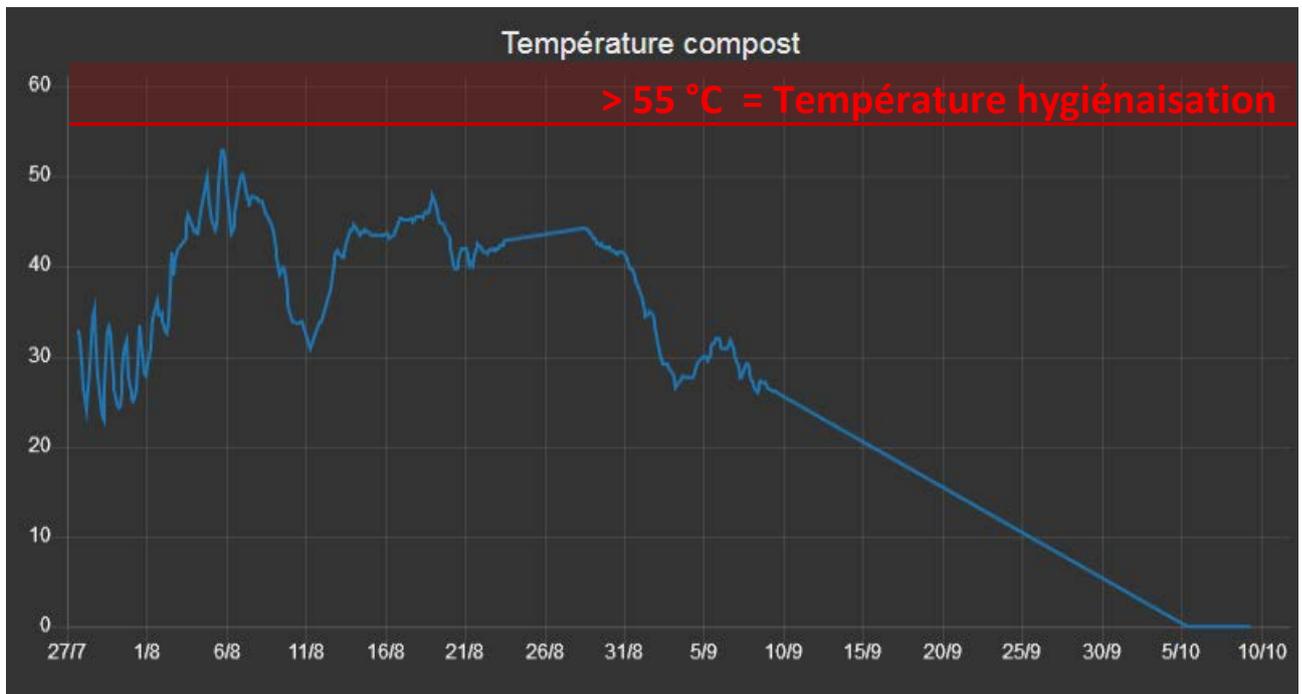
A la Pergola problème avec un connecteur puis avec la batterie qui a été changé

Le boîtier en aluminium a créé des interférences

Problème utilisation composteur : bac trop plein à endommagé des capteurs du boîtier qui a cessé de fonctionner. En attente de l'autorisation de la Métropole pour distribuer le compost et pouvoir libérer un bac d'apport pour accéder au boîtier.

Par rapport aux courbes, problème de coefficient par rapport aux capteurs de poids

Faible montée en température observée malgré une bonne pratique du compostage, sans doute due à un mauvais transfert thermique entre la sonde de température, la poignée en acier et le compost.



Conclusions

- Conception Assistée par Ordinateur (CAO) des GAPAN pour faciliter l'installation, limiter les risques de vandalisme et réduire le temps d'installation
- Généralisation des abonnements M2M
- Boîtier en plastique pour éviter interférences

V3 : Intégration du boîtier au composteur de quartier GAPAN, développement modulaires des cartes

Objectifs

- Faciliter l'installation du boîtier dans le composteur
- Limiter le vandalisme
- Diminuer le coût des composants et de la main d'œuvre
- Développer les cartes électroniques séparément pour la commercialisation à la carte future

Description technique

- Création d'une zone technique dans les composteurs (isolation du boîtier et du compost, gaine technique des passages de fil, inaccessible pour les usagers)



- Panneau solaire intégré au couvercle du composteur et peu visible

- Capteurs de poids de compression en « S » pour limiter le temps de pause



- Gaine pour le passage du capteur de température/humidité internes plus standard et durable



- Composants moins chers, plus faciles à assembler et plus efficaces :
 - o Le système de charge solaire a été amélioré : basé sur une puce LT3652, il permet de récupérer plus d'énergie.
 - o Cartes électroniques séparées pour apporter plus de modularité au boîtier final selon les besoins spécifiques des clients

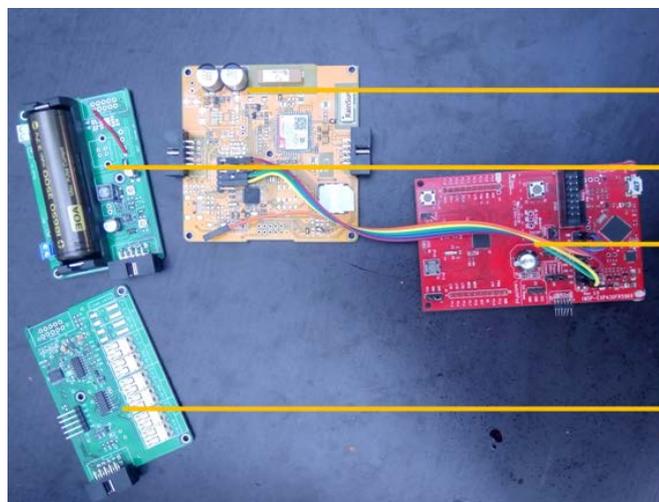
- Nouvelle sonde humidité/température/détection d'odeur : plus intelligente, elle ne nécessite plus de carte intermédiaire pour dialoguer avec le système centrale. Le capteur d'odeur est un CCS811 utilisé habituellement dans les circuits de ventilation pour affiner leur régulation. Il consomme beaucoup moins que les capteurs testés lors du sprint #1 et embarque des algorithmes qui permettent de gérer les variations d'humidité et de température.
- Les sondes de température du compost sont désormais directement piloté par le système centrale ce qui élimine également la nécessité d'une carte intermédiaire.
- Le système de câblage a été optimisé : il n'y a plus besoin de connecteur waterproof, plus couteux et nécessitant un travail de soudure préalable que les presse-étoupe utilisé maintenant.



- Boîtier en plastique
- Capteur poids en « S »
- Cartes électroniques modulaires
- Panneau solaire intégré
- Câblage sans connecteur waterproof



Sondes température, humidité, odeur



- Carte batterie
- Carte GPS, GPRS
- Carte poids
- Carte capteurs odeurs, température/humidité

Protocole d'essai

- De la même manière, installation des boîtiers connectés quelques semaines après l'implantation des composteurs collectifs

Résultats – en cours

[>> Rapport FABLab Sprint#2 <<](#)

Grisettes (V2)

Globalement tout s'est bien comporté sur ce composteur jusqu'au moment où les bacs ont été trop remplis ce qui a mis en contact les sondes d'humidité avec les matières en cours de compostage, et endommagé ces sondes et ce qui a perturbé l'ensemble du système. Comme ce bac est « d'ancienne génération » il est nécessaire de vider complètement les bacs pour accéder à l'ensemble de l'électronique ce qui complique sa remise en état.

Pergola (V2)

Différents problèmes cumulés ont fortement perturbé le démarrage de cette unité : problème électronique, problème réseau, problème de batterie ... Une nouvelle opération de maintenance est prévue mais lorsque le système a fonctionné, aucun problème notable n'a été relevé.

Oxford – Corte (V3)

La nouvelle conception des composteurs a grandement facilité l'intégration des capteurs et permet d'accéder beaucoup plus facilement à l'électronique pour la maintenance tout en réduisant les coûts liés au matériel et à la main d'oeuvre.

Suivi du poids

Les différentes expérimentations nous ont permis de considérablement améliorer la mesure, notamment en appliquant des fonctions de lissage qui permettent de grandement gommer les variations liées aux changements de température qui influencent les capteurs de poids. Au final obtient un suivi très correct où l'on voit le remplissage progressif ponctué par les petits apports des utilisateurs, et des périodes de dessèchement.

Mesure d'humidité

Lors des différents essais, il est apparu beaucoup plus intéressant d'utiliser l'humidité absolue que l'humidité relative. En effet, avec les variations externe d'humidité et surtout de température, il était très compliqué de suivre les variations du compost lui même. En utilisant l'humidité absolue nous obtenant une meilleure lisibilité et une meilleure analyse.

Localisation

Sur les bacs localisés aux Grisettes et à la Pergola, l'environnement d'implantation nécessitait l'usage de boîtier métallique pour abriter l'électronique, ce qui perturbe grandement la puce de localisation. Ainsi boîtier

ouvert tout fonctionne mais une fois fermée l'atténuation de signal devient trop importante et la localisation est inopérante. Sur les composteurs de la Mosson en revanche nous avons utilisé des boîtiers plastique et la localisation fonctionne du coup parfaitement

Alimentation solaire

Aucun problème sur ce point mis à part que LABSud attire l'attention sur le fait que l'emplacement ainsi que l'orientation des bacs sont primordiaux au bon fonctionnement du système puisque alimenté par des panneaux solaires et doit donc être un critère prioritaire dans le choix des implantations. Ce point est d'autant plus important que les capteurs de gaz, quoique bien plus économes que les précédents, augmentent notablement la consommation de l'ensemble. Les batteries installées semblent donner une autonomie de 10 à 15 j sans ensoleillement mais sans apport énergétique suffisant l'électronique est vouée à s'arrêter.

Travaux restants sur le sprint #2

- ➔ Obtenir des données sur les capteurs de gaz afin de pouvoir statuer sur la qualité de détection d'odeur des nouveaux senseurs.
- ➔ Finir de rétablir le site de la Pergola.
- ➔ Finaliser l'interconnexion avec le système informatique d'affichage des données publiques.

Les bénéfices environnementaux

Le boîtier connecté a été l'argument décisif pour Montpellier Méditerranée Métropole et Hérault Habitat dans l'implantation de composteur de quartier.

La force de la sensibilisation au tri : l'autonomisation du recyclage citoyen

En fonctionnement depuis Juillet et Septembre, ces composteurs urbains et modernes rencontrent un vif succès auprès des habitants.



Figure 4 : Equipe cœur des projets de compostage aux Grisettes et à la Paillade (Montpellier)

En rendant modernes et ludiques les pratiques de compostage, les habitants changent leurs habitudes, deviennent des relais de cette approche. Le pouvoir de sensibilisation de ce type d'installation est une clef dans sa dissémination future.

Le compostage est une pratique très pédagogique qui permet de sensibiliser les habitants au tri sélectif, au cycle de la matière organique, au gaspillage... Les composteurs installés ont été accompagné d'atelier et d'animation auprès de tous les publics et ont permis de sensibiliser plus de 2000 personnes à ces problématiques. Les classes de primaires ont été les ateliers ; les enfants sont de formidables ambassadeurs auprès de leur famille.

Au-delà de la simple sensibilisation c'est une habitude de tri qui est prise par les personnes volontaires. Certains habitants ont été formé au compostage et en font la promotion dans leur entourage.

[>> VIDEO PAILLADE <<](#)

Quartier	Nb personne sensibilisées	Nb participants	Nb personnes formées
Grisettes	800	35	6
Pergola	450	20	4
Oxfrod	350	20	5
Corte	220	15	4

La démocratisation du compostage : des GES évités, un puits de carbone

Les tableaux ci-dessous présentent les évaluations des Gaz à Effet de Serre (GES) évités grâce au compostage de proximité dans le cadre du projet. Les calculs ont été fait selon les rapports de l'Ademe à partir des données collectées par les boîtiers connectés qui permet d'apporter une information quantitative régulière et fiable.

Quartier	Installation	Kg biodéchets valorisés	Projection 1 an	Kg compost produit / an
Grisettes	01-juil	800	2743	914
Pergola	23-juil	750	2571	857
Oxfrod	30-sept	220	2640	880
Corte	06-oct	180	2376	792

Quartier	PAS de TRANSPORT CO2e évité en kg		PAS de TRAITEMENT CO2e évité en kg		Non usage d'engrais de synthèse et séquestration carbone		Soutien agriculture locale
	actuel	1 an	actuel	1 an	actuel	1 an	
Grisettes	14,6	50,2	14,6	50,2	21,6	74,1	oui - jardin partagé des grisettes
Pergola	13,7	47,1	13,7	47,1	20,3	69,4	oui - Jardins partagés de la Main Verte
Oxfrod	4,0	48,3	4,0	48,3	5,9	71,3	oui - Jardins partagés de Coventry
Corte	3,3	43,5	3,3	43,5	4,9	64,2	oui - jardins partagés du CCAS

Total kg CO2e évité actuellement	124
----------------------------------	-----

Total kg CO2e évité 1 an	657
--------------------------	-----

Soit près de 6000 km effectués par une voiture (étiquette B)¹

¹ [https://www.vinci.com/cofiroute.nsf/fr/eco-comparateur/\\$file/cofiroute-ecomparateur-1kg_co2.pdf](https://www.vinci.com/cofiroute.nsf/fr/eco-comparateur/$file/cofiroute-ecomparateur-1kg_co2.pdf)
http://www.bilans-ges.ademe.fr/documentation/UPLOAD_DOC_FR/index.htm?emissions_evitees.htm
http://www.bilans-ges.ademe.fr/documentation/UPLOAD_DOC_FR/index.htm?emissions_evitees.htm