



© INRAE - Christophe Maitre

> Real Time Kinetic collaboratif, ouvert et open source



Centipède-RTK



2026

Auteur 1 : Julien Ancelin, INRAE

Auteur 2: Valérie Molinéro-Demilly, INRAE

Auteur 3: Wilfried Heintz, INRAE

Auteur 4 : Pierre-Benoit Joly, INRAE

Etude de cas des départements de recherche **ACT** et **ECODIV** réalisée selon la méthode ASIRPA (Analyse de l'impact sociétal de la recherche) mise au point par INRAE.

Résumé

L'expression « agriculture de précision » désigne un ensemble technique conçu pour guider les équipements agricoles afin d'ajuster finement l'utilisation d'intrants ainsi que les techniques culturales en fonction des besoins de la plante, des conditions météo, de la qualité des sols... En utilisant des capteurs de géolocalisation par satellite GNSS RTK¹ qui fournit une précision sub-métrique ou centimétrique, qui est répétable même dans des environnements difficiles et d'autres techniques avancées, les agriculteurs peuvent ainsi optimiser le rendement de leurs cultures tout en minimisant les intrants et leur impact environnemental. Cependant, l'accès à ces technologies de géolocalisation précises a longtemps été limité par les coûts élevés des équipements et une dépendance forte à l'égard des grands fournisseurs. Avec l'émergence de solutions libres et ouvertes, ce frein est désormais levé. Le réseau Centipède-RTK a été créé grâce à la rencontre de Stéphane Péneau (privé indépendant) et de Julien Ancelin, ingénieur d'études INRAE, du CATI-GEDEOP d'INRAE et aussi agriculteur. Ce réseau vise à mettre en place un maillage national d'antennes fixes qui fournissent un signal de localisation précis et ouvert. Ce réseau d'acteurs scientifiques et techniques offre également des modes opératoires en libre accès pour construire et utiliser des appareils RTK à bas coût. L'apparition des outils open source dans le domaine de l'agriculture représente une véritable avancée pour les agriculteurs et plus largement pour les utilisateurs ayant besoin d'une géolocalisation de précision. En permettant une utilisation libre et gratuite, ces outils contribuent non seulement à réduire considérablement les coûts, mais aussi à permettre la réappropriation des technologies, ainsi qu'à favoriser une évolution continue et adaptée des outils selon les besoins des utilisateurs. En conséquence, les utilisations de Centipède-RTK se sont multipliées dans divers domaines au-delà de l'agriculture de précision, notamment dans la recherche forestière ou océanique.

Summary

The term “precision farming” refers to a technical package designed to guide agricultural equipment in order to fine-tune input use and farming practices depending on the needs of the plant, weather conditions, soil quality, etc... Using GNSS RTK satellite geolocation sensors that provide sub-meter or centimeter accuracy, which is repeatable even in challenging environments and other advanced techniques, farmers can optimize crop yields while minimizing inputs and environmental impact. However, access to these precise geolocation technologies has long been limited by high equipment costs and heavy dependence on major suppliers. With the emergence of free and open solutions, this obstacle has now been overcome. The Centipède-RTK network was created thanks to the meeting of Stéphane Péneau (private independent) and Julien Ancelin, INRAE research engineer, CATI-GEDEOP and farmer. The aim of this network is to provide a nationwide network of fixed antennae supplying a precise, open location signal. This network of scientific and technical players also offers open access operating procedures for building and using low-cost RTK devices. The emergence of open-source tools in the field of agriculture represents a real step forward for farmers and, more broadly, for users requiring precision geolocation. By enabling free and open use, these tools not only help to reduce costs considerably, but also offer the possibility of re-appropriating technologies, and fostering the continuous and adapted evolution of tools according to the needs of the community. As a result, the uses of Centipède-RTK have multiplied in various fields beyond precision agriculture, particularly in forestry or oceanic research.

¹ Le système GNSS (Géolocalisation et Navigation par un Système de Satellites) avec correction différentielle temps réel offerte par le RTK (Real Time Kinetic) fournit une précision sub-métrique ou centimétrique, qui est répétable même dans des environnements difficiles, grâce à l'augmentation du nombre de satellites et à l'accès facilité à des technologies et matériels dédiés.

Problématiques sociétales initiales et contexte externe initial

L'agriculture moderne utilise de plus en plus de techniques numériques pour mieux gérer la production agricole : ce concept est nommé « agriculture de précision ». L'objectif est d'une part d'augmenter la quantité et la qualité de la production agricole tout en utilisant moins d'intrants (eau, énergie, engrais, pesticides, etc.) et d'autre part de diminuer les coûts, de réduire les incidences sur l'environnement et de produire des aliments en plus grande quantité et de meilleure qualité. Afin d'assister au mieux les agriculteurs dans leurs tâches, les méthodes utilisées dans le cadre de l'agriculture de précision s'appuient sur une combinaison de nouvelles technologies de détection, de navigation, de localisation par satellite et de l'internet des objets².

Selon une étude récente³, la taille mondiale de ce marché était estimée à 5 milliards USD en 2022 et devrait atteindre 8,2 milliards USD d'ici 2027, avec un taux de croissance annuel moyen de 10,3 % entre 2022 et 2027. Le développement de l'agriculture de précision concerne de nombreuses zones géographiques telles que l'Amérique du nord, l'Amérique du sud, l'Europe, l'Asie-Pacifique, le Moyen Orient et l'Afrique mais également de nombreux types de cultures en rangs tels que les céréales, les oléagineux, les légumineuses et la sylviculture.

Un exemple d'usage d'agriculture de précision : l'autoguidage par satellite des machines agricoles

Les objets connectés sont de plus en plus nombreux dans les exploitations agricoles, en particulier les boîtiers connectés qui permettent de gérer et suivre des travaux grâce à l'autoguidage des machines agricoles.

L'autoguidage par satellite des machines agricoles : pour quels usages ?

Les besoins de précision en terme l'autoguidage des machines agricoles, notamment des tracteurs, dépendent des activités agricoles, comme le montre le Tableau 1. La technologie RTK permet d'avoir une précision sur le terrain de 2 cm de manière répétable, c'est-à-dire qu'il est possible de repasser exactement au même endroit.

L'autoguidage de précision par satellite avec la technologie RTK présente 4 enjeux majeurs :

- Le premier concerne l'agronomie car cette méthode permet aux exploitants de mieux s'adapter aux contraintes météorologiques et aux types de sols de leurs parcelles,
- Le deuxième concerne l'environnement car cette pratique favorise une meilleure gestion de l'eau, une réduction des intrants de synthèse et une réduction de la consommation en énergie des machines (la cuve de fuel du tracteur baisse moins vite car la surface travaillée est optimisée),
- Le troisième est économique puisqu'il permet d'augmenter les rendements,

² Parlement européen. L'agriculture de précision et l'avenir de l'agriculture en Europe (2016) : chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.europarl.europa.eu/Reg-Data/etudes/STUD/2016/581892/EPRS_STU(2016)581892_FR.pdf

³ <https://www.marketsandmarkets.com/Market-Reports/precision-planting-market-96394217.html>

- Le quatrième concerne l'état de santé des agriculteurs. L'autoguidage allège leur charge de travail et le rend plus efficace (les agriculteurs se concentrent davantage sur le travail à réaliser que sur l'outil). Il leur permet, si besoin, d'allonger leur plage d'activité (par exemple semer la nuit afin d'anticiper des pluies à venir). Cette technique leur permet de gagner du temps : 13% lors du travail du sol, 5% lors des moissons et 2% lors des traitements (Arvalis, 2015), ceci tout en maintenant la qualité du travail réalisé.

Tableau 1 : Présentation des besoins de précision d'autoguidage par satellite des machines agricoles en fonction des usages d'après Deseau (Chambre d'agriculture du Loiret, 2016)

Usage	Précision sur le terrain	
Peu précis	60 cm	
Suffisant pour des travaux d'épandage et de pulvérisation	30 cm	
Modulation intra parcellaire, guidage épandage d'engrais et pulvérisation, coupe de tronçons épandeur d'engrais et pulvérisation, travail du sol large et rapide	>10 cm	Décimétrique
Semis de céréales, travail du sol	10 à 15 cm	
Récolte de céréales, semis de précision	5 à 10 cm	Centimétrique
Binage, buttage pomme de terre, strip till ⁴	2 à 4 cm	
Semis de précision, binage, butage, strip till⁴	Répétable	RTK

L'autoguidage de précision par satellite avec la technologie RTK : des solutions qui coûtent chères

Le calcul du géo-positionnement réalisé par un système GNSS est imprécis à plusieurs dizaines de mètres près. Si cette précision peut s'avérer suffisante pour le guidage d'un randonneur (un récepteur GPS de randonnée est précis à 10-20 m près), elle ne l'est pas pour guider une machine agricole. Le signal brut du système GNSS doit être corrigé. Des systèmes de corrections permettent de ramener la précision de ce positionnement à des valeurs inférieures au mètre (Figure 1).

En communiquant avec le récepteur du tracteur, les satellites GPS (Glonass, Galiléo ou Beidou) permettent une évaluation grossière de sa position dans une parcelle. Dans le même temps, ces satellites autorisent également le calcul de la position d'une station/base ou d'un réseau de balises de référence dont on connaît la position exacte. Cette position proposée par les satellites est donc théorique. En faisant la différence entre la position réelle de cette/ces bases et sa/leur position théorique, le système quantifie une erreur. Elle correspond à une valeur de correction. On suppose que l'erreur de positionnement constatée au niveau de la base de référence est la même que celle au niveau du tracteur (Deseau, 2016). La valeur de correction va être transmise de la base vers le tracteur pour corriger la position de celui-ci. Ainsi le système GNSS avec correction différentielle temps réel offerte par la technologie RTK fournit une précision sub-métrique ou centimétrique, qui est répétable même dans des environnements difficiles, grâce à l'augmentation du nombre de satellites et à l'accès facilité à des technologies et matériels dédiés. Les prestataires de machines agricoles proposent des équipements équipés de la correction d'un signal GNSS comme le montre le Tableau 2. Cependant les solutions proposées par les prestataires ont un coût élevé (high cost) autour de 30 000 euros (système d'autoguidage sur la tracteur inclus (Tableau 3).

⁴ Travail du sol en bandes : <https://agriculture-de-conservation.com/QU-EST-CE-QUE-LE-STRIP-TILL.html>

Figure 1 : Systèmes de corrections pour ramener la précision du positionnement à des valeurs inférieures au mètre (Julien Ancelin, INRAE)

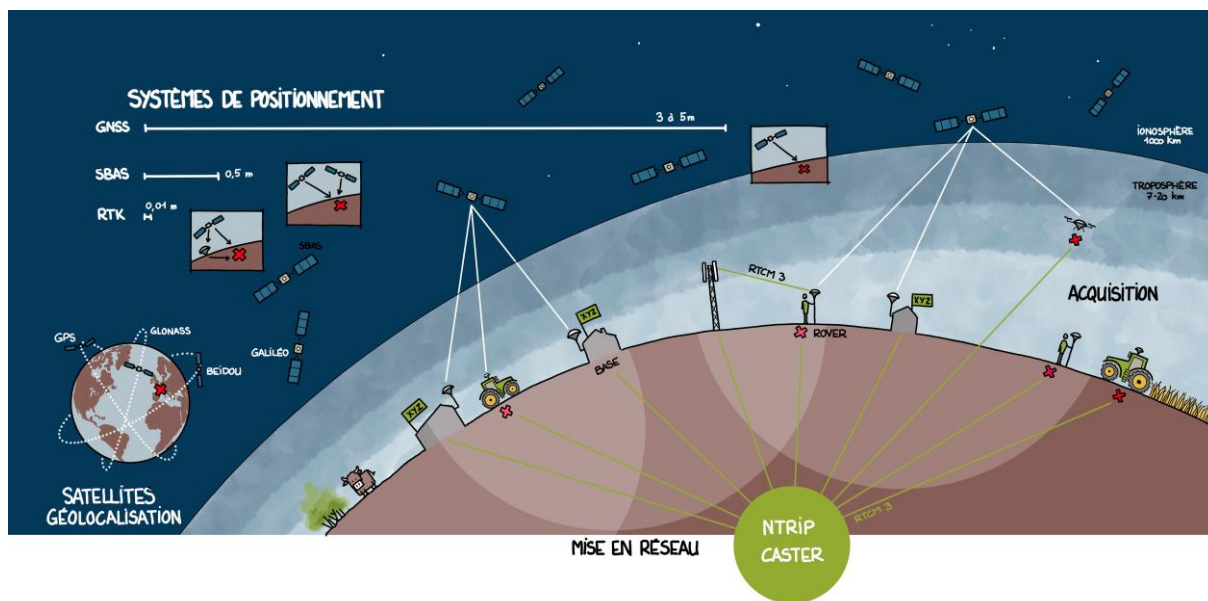


Tableau 2 : Caractéristiques des différents types de correction, présentation des tests réalisés par Arvalis en 2014 (Sylvain Deseau, chambre d'agriculture du Loiret, 2016)

	Décimétrique			Centimétrique				RTK				
	Egnos	SF1	RTX Range Point	SF2	HP	G2	RTX Center Point	radio	téléphone			
									Orphéon	Sat-Info	Teria	VRS-Tec
Société	ESA	John Deere	Trimble	John Deere	OmniSTAR	OmniSTAR	Trimble	tous les constructeurs	géodata Diffusion	Sat-Info	Exagone	Trimble
Compatibilité récepteur	tous	John Deere	Trimble	John Deere	tous	tous	Trimble	la même marque que la base RTK	tous	tous	tous	Trimble
Constellation satellites utilisables	GPS	GPS + Glonass	GPS + Glonass	GPS + Glonass	GPS	GPS + Glonass	GPS + Glonass	GPS + Glonass sous condition que les bases RTK qui permettent le calcul de la correction soient également GPS et Glonass				
Précision en cm à 20 minutes (95 % temps)	± 60	± 24	± 18	± 5	± 8	± 8	± 6	± 4	±4	±4	±4	±4 selon distance à la base
Répétabilité en cm (95 % temps)	non			± 13	± 15	± 15	± 9.5	oui				
Temps de convergence en mn (moyen)	aucun			23	19	22	21	aucun				
Déblocage du récepteur	niveau de base du récepteur			déblocage informatique du récepteur (supplément de 2000-5000 euros par rapport à la précision décimétrique)				déblocage informatique du récepteur (supplément de 2000-5000 euros par rapport à la précision centimétrique)				
Tarif (€/an) à titre indicatif	gratuit	gratuit	250	600	1250	1250	1400	650 pour l'attribution de la fréquence	900-1200 pour une zone géographique illimitée, varie selon les options			
Interventions culturales	Interventions rapides, grandes largeurs telles que la pulvérisation, l'épandage ou le travail du sol			Interventions plus lentes comme les semis de précision mais qui n'exigent pas de retour au même endroit				Interventions qui demandent un retour exactement au même endroit comme le binage				
Applications : - barre de guidage	Le plus courant dans cette gamme			Non utilisable car il serait très difficile de suivre des diodes ou un écran avec une telle précision								
- autoguidage	Un autoguidage limite l'erreur liée à la lecture de l'écran par rapport à une barre de guidage			Un asservissement de type « moteur électrique » peut être suffisant même si un hydraulique valorise mieux la précision				Un asservissement sur l'hydraulique est indispensable pour les interventions très précises avec un retour au même endroit de type binage. Dans les autres cas, un « moteur électrique » peut être suffisant				

L'autoguidage de précision par satellite avec la technologie RTK : mis à disposition la technologie RTK en open source

Un agent de l'INRAE a développé et mis à disposition la technologie RTK en open source permettant ainsi à tout agriculteur qui le souhaite d'accéder à cette technologie à un faible coût (low cost), autour de 5000 euros (système d'autoguidage sur la tracteur inclus) (Tableau 3).

Tableau 3 : Coût de l'autoguidage de précision avec la technologie RTK, en fonction des solutions proposées par les fabricants (¹la direction électrique du tracteur est antérieure à la direction hydraulique, cette dernière est associée à des capteurs d'angle sur le tracteur qui lui permette d'être plus précise dans sa direction)

Système d'autoguidage	Type de direction du tracteur ¹	Coût du système d'autoguidage (Euros)	Coût du déblocage de la licence non RTK (précision de 5 cm non répétable)	Coût du déblocage de la licence RTK (précision de 2 cm répétable)	Coût de l'achat d'un modem	Coût d'abonnement Internet par an	Coût d'abonnement annuel à RTK
Fabricant de matériel agricole ou fabricant de solution de positionnement high cost	Tracteur hydraulique précis	20 000	0 à 2 000	2 000 à 4 500	2 000	100-150	0 (Centipède) ou 800 (signal propriétaire)
	Tracteur électrique moins précis	>20 000					
Fabricant de matériel agricole ou fabricant de solution de positionnement low cost	Tracteur hydraulique précis	7000 à 9000	0 (déblocué d'office)	0 (déblocué d'office)	0	100-150	0 (Centipède) ou 800 (signal propriétaire)
	Tracteur électrique moins précis	3000 à 8000					

Contributions d'INRAE et de ses partenaires hors INRAE (Inputs)

Le défi du projet était de déployer un réseau dense de stations de positionnement par satellite (GNSS) et offrir ainsi à tous un service de correction en temps réel. Cela permet d'obtenir une géolocalisation de haute précision, accessible gratuitement et non dépendante des solutions propriétaires.

Création et déploiement du projet Centipède-RTK

Le projet Centipède-RTK a été conçu pour proposer aux agriculteurs des solutions peu coûteuses, fiables et faciles d'utilisation, et ainsi rendre plus accessible la technologie d'autoguidage de précision.

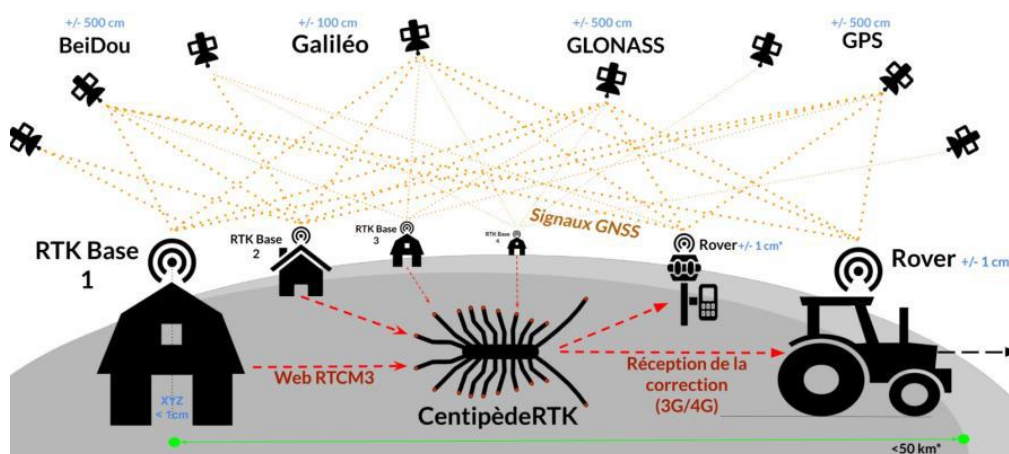
Création du projet

Le projet Centipède-RTK est imaginé en 2018, dans une exploitation agricole en Charente-Maritime par Julien Ancelin. Il est agriculteur et travaille également à INRAE dans l'unité expérimentale de Saint Laurent de la Prée dont 20% de son temps dans le cadre du CATI GEDEOP⁵, ce qui a renforcé sa capacité à expérimenter de nouvelles technologies. Pour son exploitation agricole, il a besoin d'autoguidage

⁵ CATI GEDEOP : Centre automatisé de traitement de l'information « Gestion des données d'expérimentations, d'observations et de pratiques sur les agro-socio-éco-systèmes » ; 3e génération 2019-2025, réseau INRAE.

indépendant et réalise les premiers tests de solutions GNSS RTK open source. C'est dans ce cadre qu'il rencontre Stéphane Péneau (privé indépendant), qui développe et déploie les premières bases GNSS RTKbase grâce à une puce GNSS low cost (U-Block) qui permet de créer une base RTK à moins de 500 euros. La Figure 2 présente le fonctionnement du système Centipède-RTK.

Figure 2 : Centipède-RTK en 3 segments : 2.1 base ; 2.2 rover (récepteur) et 2.3 caster (serveur), (Julien Ancelin, Sylvie Ladet et Welfried Heintz)



Déploiement du projet à partir d'INRAE via le CATI GEDEOP (Départements de recherche ACT et ECODIV)

En 2019, Julien Ancelin conçoit et déploie 3 bases, une sur son exploitation, une à l'UMR LIENSs où il est agent invité et une dans l'unité INRAE de Saint Laurent de la Prée. Il développe un serveur NTRIP Caster pour diffuser les données de correction GNSS. Ainsi, il a accès à des éléments d'infrastructure informatique qui lui permettent de mettre en place le système de centralisation de Centipède-RTK au sein d'INRAE, via le CATI GEDEOP piloté par Wilfried Heintz. Ensuite, le développement de ce réseau ouvert se fait grâce à une démarche collaborative, en mobilisant des agriculteurs, des entreprises privées, des scientifiques et des collectivités, permettant un maillage du territoire pour assurer une couverture adaptée à leurs usages variés. L'implication de Julien Ancelin au sein du CATI GEDEOP augmente pour atteindre 60%, ce qui contribue fortement au déploiement du réseau Centipède-RTK dont il pilote les outils en open source.

En 2020, est créée la documentation collaborative pour faciliter l'installation des bases GNSS et l'utilisation du réseau. Ainsi chaque base peut être installée par l'utilisateur en s'appuyant sur une documentation et en bénéficiant de l'assistance de la communauté en cas de difficultés. Ainsi en 2021, l'adoption du système Centipède-RTK est grandissante chez les agriculteurs et plus de 100 bases sont déployées en France et en Europe.

La conception et le déploiement du réseau Centipède-RTK ont mobilisés des financements publics, des infrastructures logicielles et matérielles partagées, les expertises de bénévoles, et l'engagement actif des utilisateurs.

Diffusion des connaissances et montée en compétences des utilisateurs

En 2019 et 2021, le CATI GEDEOP organise à La Rochelle, les deux premières formations à la construction de base Centipède-RTK. Ces formations sont volontairement ouvertes à un public très large, et

chaque participant repartira avec toutes les connaissances et les composants nécessaires à la construction d'une antenne. A partir de 2023, la chaire AgroTIC de Montpellier SupAgro et les chambres d'agriculture organisent des formations à destination des agriculteurs, mais aussi auprès du monde académique et d'un public plus large dont certains deviendront de nouveaux contributeurs.

Reconnaissance institutionnelle, sécurisation des données GNSS et du réseau au niveau national puis international

En 2022, Centipède-RTK réalise une convention avec RENAG⁶ afin d'entreposer les données fournies en temps réel par les bases du réseau Centipède-RTK. Ces données sont disponibles en libre accès.

En 2023, Centipède-RTK est invité à la commission de géopositionnement du CNIG⁷, ce qui confirme la reconnaissance institutionnelle du projet et constitue un appui stratégique pour la diffusion des bonnes pratiques en géomatique et l'intégration des solutions Centipède-RTK dans les projets de territoire.

La création de l'association Centipède-RTK en août 2024 a permis de renforcer les collaborations avec différents acteurs comme l'organisation internationale PCH⁸, notamment pour le déploiement du réseau, à l'origine centré sur la France, vers une infrastructure informatique internationale toujours en accès libre.

En 2025, déploiement du nouveau système d'information open source et son adoption par de nouveaux pays

Depuis le début du projet, 845 bases ont été installées en France hexagonale, et aujourd'hui 1 410 dans le monde (48 pays) comme le montre la Figure 3. L'adoption de Centipède-RTK a été particulièrement marquante en Hongrie où, en moins de 3 ans, une couverture nationale complète a été déployée grâce à plus de 249 bases installées par les agriculteurs locaux. D'autres pays commencent à adopter la solution, avec des îlots de bases GNSS qui émergent dans des régions comme le Sénégal, la Serbie, l'Angleterre, l'Irlande, la Norvège, le Danemark, et le Canada. De plus, des agriculteurs isolés à travers le monde, notamment en Équateur, en Israël et en Afrique du Sud, l'ont adopté et contribuent au réseau.

De nombreux scientifiques, notamment INRAE, Ifremer, ENSTA Bretagne⁹ et de l'Institut universitaire européen de la mer¹⁰, utilisent aussi cette technologie pour des travaux de surveillance météorologique, de surveillance du littoral, de gestion de l'eau et des forêts.

⁶ Réseau National GNSS permanent : RENAG est un réseau de recherche scientifique et d'observation de la Terre en géophysique interne, externe et en géodésie. Devenu Service National d'Observation en 2006 il fait partie de l'ANO-3 : Géodésie et en Gravimétrie et a pour mission d'acquérir, conserver et disséminer les données GNSS permanentes sur le long terme.

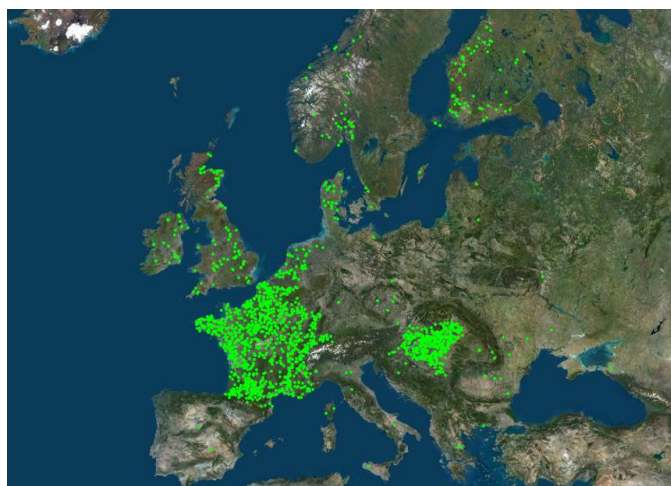
⁷ Conseil national de l'information géographique : <https://cnig.gouv.fr/>

⁸ Packet Clearing House : <https://www.pch.net/>

⁹ <https://www.ensta.fr/>

¹⁰ <https://www-iuem.univ-brest.fr/>

Figure 3 : Déploiement du réseau Centipède-RTK en Europe (avril 2026).



Outputs des recherches

L'émergence des outils open source dans le domaine de l'agriculture représente une véritable avancée pour les agriculteurs. En permettant une utilisation libre et gratuite, ces outils contribuent non seulement à réduire considérablement les coûts, mais aussi à offrir la possibilité d'appropriation des nouvelles technologies, ainsi qu'à favoriser une évolution continue et adaptée des outils selon les besoins plus précis de la communauté des utilisateurs.

1. Le réseau Centipède-RTK

L'utilisation du réseau Centipède-RTK pour le système d'autoguidage, qui s'appuie sur le réseau téléphonique 3/4/5G, permet d'économiser le coût d'un abonnement annuel (environ 800 euros) ou de profiter de cette opportunité pour faire évoluer le système d'autoguidage vers la technologie RTK (Tableau 3). Le réseau Centipède-RTK nécessite des bases de référence au sol pour le calcul de la correction RTK. Les bases de référence sont des antennes qui écoutent les satellites 24h/24 pour calculer leur position. Cette position est comparée à la position connue au millimètre près de l'antenne (calculée lors de son installation). En simplifiant, la différence entre ces deux positions constitue la correction à appliquer pour obtenir une précision de géolocalisation au centimètre. Cette correction est envoyée sur un serveur Internet. Le concept du réseau Centipède-RTK repose sur les principes suivants :

- Collaboratif : Centipède-RTK compte sur les utilisateurs pour étoffer le réseau de bases. Tout le monde peut être contributeur ;
- Ouvert à tous : il est accessible gratuitement à tout le monde (pas d'identifiant, pas de mot de passe), y compris à ceux qui n'installent pas d'antenne chez eux ;
- Evolutif : le code est partagé sur internet, la communauté contribue à son amélioration, avec des membres issus de divers domaines professionnels ;
- Fait maison : ce sont les utilisateurs qui réalisent eux-mêmes les bases de référence (achat des composants sur internet, paramétrage et installation). Pour les accompagner dans la démarche, Centipède-RTK met à disposition des tutoriels sur son site internet. Le coût du matériel reste abordable (environ 450 euros soit moins d'un an d'abonnement à un signal RTK), (Tableau 4).

Le calcul de la correction RTK se fait à partir d'une seule base de référence. L'utilisateur du réseau doit donc être à proximité de la base (dans un rayon de 30 km) pour bénéficier d'une correction avec une bonne précision.

Tableau 4 : Liste du matériel utilisé pour la construction d'un récepteur RTK et son intégration dans une boîte étanche (Source : <https://docs.centipede.fr/>)

C:\Users\vmolinero\AppData\Local\Microsoft\Windows\INetCache\Content.Outlook\CWJCD9EW\pnas1.stock-age.inra.fr\paris-dev\asirpa\2024_2025_Travail_Valérie\21_ASIRPA_CentipedeRTK (publication décembre 2025)\

Matériel	Prix HT (euros)
Orange Pi Zero LTS	44
Micro SD 32 Go	23
Alimentation	10
Dissipateur de chaleur	1
Cordon USB vers micro USB	2,5
Câble antenne sma mâle tnc mâle 3 m (longueur à adapter)	19
Câble ethernet RJ45 (longueur à adapter)	6
Boîte étanche je-200	16
SimpleRTK3B Budget ou UM980 RTK GNSS receiver	Environ 200
Budget Survey Tripleband GNSS Antenna ou BT-800S	Environ 200
Boîte étanche je-200	16

2. Vérification de la compatibilité des systèmes d'autoguidage existant avec Centipède-RTK

Ce travail de vérification de compatibilité des systèmes d'autoguidage avec Centipède-RTK a été réalisé par deux structures différentes. La première structure est la chaire AgriTIC de Montpellier SupAgro qui a travaillé avec un groupe d'agriculteurs testeurs¹¹ spécialisés sur la culture de la vigne (Tableau 5). La seconde structure est la chambre d'agriculture de la Somme qui a également fait ce travail avec des utilisateurs travaillant sur des cultures industrielles (Tableau 6).

¹¹ https://docs.google.com/spreadsheets/d/1esAuBDgaHBoh1Rt-au8_zdiMD-ZjMgYSSE-TdeE1UIk/edit?gid=0#gid=0

Tableau 5 : Extrait du tableau des autoguidages testés et validés pour l'utilisation du réseau Centipède-RTK par la chaire AgrotIC de Montpellier SupAgro pour la culture de la vigne

Nom de la solution	Entreprise	Type de culture visé majoritaire	Tests sur cultures pérennes	Technologie de guidage	Niveau d'automatisation	Commentaires	Système de contrôle de la direction	Prix	Lien internet	Pays d'origine entreprise	Principale activité de l'entreprise	Distribution	Contact
SDF Guidance	SDF	Cultures annuelles		GNSS	Autoguidage		Volant électrique + electro-hydraulic steering		https://www.deutz-fahr.com/fr-fr/agriculture-precision/sdf-guidance	Allemagne	Machines agricoles	En concession	Cabrol SARL 5 avenue de la Fabrique, 34120 Castelnau-de-
AutoTrac Universel 300	John Deere	Cultures annuelles	Testé sur vigne https://www.vitisphere.com/actualite-100219-huit-solutions-dautoguidage-des-tracteurs-a-lepreuve-dans-les-vignes-de-cognac.html https://www.reussir.fr/vigne	GNSS	Autoguidage			12 000€ 18 000€	https://www.deere.fr/fr/solutions-de-agriculture-intelligentes/solutions-de-guidage/atu-300/	Etats-Unis	Machines agricoles	En concession	SARL AGRISUD 19 rue Artisanat ZAC Baume, 34290 Servian 04 67 11 95 24 /
AutoTrac Turn Automation	John Deere	Cultures annuelles		GNSS	Gestion des tournières	Contrôle automatique du demi-tour en bout de champ et gestion de toutes les fonctions du tracteur et des équipements, comme les passages de vitesse en marche avant, l'engagement de la prise de force, montée et descente des attelages avant et arrière au bon endroit et au bon moment...			https://www.deere.fr/fr/agriculture-de-precision/systeme-s-d-automatisation/automatisation-de-braguage-autotrac/	Etats-Unis	Machines agricoles	En concession	Julien Saint-Laurent saintlaurentjulien@johndeere.com 06 49 35 46 15

Tableau 6 : Autoguidages testés et validés pour l'utilisation du réseau Centipède-RTK pour des cultures industrielles en février 2025 par la chambre d'agriculture de la Somme.

Marque	Modèle	Antenne	Modem	Licence	Remarque
Agleader	Incommand 800	GPS 7500	Intuicom Bridge	RTK (~3700€)	
Case IH/Trimble	AFS 700	AG 372		RTK	
Claas	GPS pilot S7 ou S10	Trimble AG372	RTK Net/max (d'origine Claas) ou ftx009	RTK net	messages nécessaires sur la base : 1006,1008,1033,1230,1074,1084,1094,1124
Claas	Cemis	Trimble	RTK Net	RTK net	
Fendt	Varioguide	Novatel	Modem SW intégré	RTK	
Fendt	Varioguide	Trimble	Sierra W	RTK (~4500€)	
John Deere	Command center 4	SF3000/SF6000	MRTK (1600€)	SF2 ready (~2000€) + RTK (~2000€) + MRTK access (500€/3ans)	
John Deere	JD4640	SF7000	intégré à l'antenne	RTK	Des problèmes de saturation avec les bases Centipede tri-fréquences
Massey	Datatronic	Trimble		RTK (~4500€)	
New Holland	AFS1200	AG372			
New Holland	Intelliview 12	Novatel/Raven/Trimble		RTK 300€/3ans accès RTK externe	fonctionne avec la nouvelle adresse crtk.net
Raven				?	messages nécessaires sur la base 1004,1005(10),1006,1008(10),1012,1019,1020,1033(10),1042,1045,1046,1077,1087,1097,1107,1127,1230
Topcon	Agrosky/imonitor	AGI 4	Motorola g24/topcon	?	
Trimble	FMX1000/TMX2050	Nav900 / TM200/AG25	DCM300/ Sierra W/ Teltonika RUT 240 (150€)	VRS (~4500€)	
Trimble	CFX750/FM750	AG25		VRS (~4500€)	Nécessaire de faire les dernières mises à jour pour gérer le format de données standard utilisé par Centipede
Trimble	GFX750	Nav900	N'importe quel modem ou partage de connexion	VRS (~4500€) VRS Daemon (600€) pour partage de connexion	
Valtra	RTK Smartouch	Trimble AG 382/novatel smart 6l		RTK (~4500€)	

3. Seulement 20% des agriculteurs ont besoin de la précision RTK

Les échanges avec Caroline Desbourde (ingénieure spécialiste « agriculture de précision » chez Arvalis) et avec Aline Dupont (ingénieure « agroéquipements connectés » à la chambre d'agriculture de la Somme) ont permis de mettre en évidence différentes populations d'agriculteurs en fonction du niveau d'autoguidage de précision utilisée. Elles mettent en évidence deux populations, la première « historique » et la seconde plus récente « à l'aise avec les outils numériques ».

1. Population historique : 10%

Historiquement, environ 10% des agriculteurs ont besoin de la technologie RTK pour une précision au champ de 2 cm qui soit répétable. Ce sont des agriculteurs qui ont besoin de revenir exactement sur au même endroit dans leurs cultures comme, par exemple, les agriculteurs qui binent sans caméra sur la bineuse, qui butent les pommes de terre ou qui travaillent sur les légumes de plein champ. Cela concerne d'une part les betteraviers, les producteurs de pomme de terre et d'autre part les maraîchers qui produisent des végétaux à forte valeur ajoutée. Les céréaliers et les producteurs de lin sont également équipés de la technologie RTK qui leur fournit une précision répétable de 2 cm alors qu'une précision de 5 cm leur suffirait.

Cette population d'agriculteurs est équipée, depuis les années 2000, de matériel John Deere ou Trimble qui fournissent les engins agricoles équipés de la technologie RTK. Les concessions assurent le service après-vente en cas de problèmes. Une partie de ces agriculteurs s'est tournée vers la technologie Centipède-RTK pour ne plus avoir à payer d'abonnement (signaux propriétaires), par exemple les petites exploitations de pomme de terre monosite. Cependant il est nécessaire de payer une licence comprise entre 2 000 à 4 500 euros pour débloquent informatiquement le système d'autoguidage, d'installer un modem de 2 000 euros et s'approprier la technologie Centipède-RTK (voir Tableau 3). Parmi cette population d'agriculteurs, la plupart préfèrent la solution « clé en main » pour ce qui concerne le machinisme de leurs engins agricoles et s'appuient sur les solutions proposées par les concessionnaires. Notamment, les maraîchers, qui refusent de prendre le risque d'être en panne ou de ne pas être sûr d'avoir une précision au champ de 2 cm en cas de mauvais réglage du système d'autoguidage sur le tracteur.

2. Nouvelle population d'agriculteurs « à l'aise avec les outils numériques » : 5 à 10%

Depuis l'arrivée sur le marché, il y a environ 3 ans, de systèmes d'autoguidage low-cost capables de se connecter à n'importe quel type de technologie RTK dont Centipède-RTK, le coût minimum de l'agriculture de précision avec la technologie RTK est devenu accessible à partir de 4 000 euros (système d'autoguidage inclus) au lieu de 30 000 euros pour du matériel John Deere par exemple (voir Tableau 3). Ainsi, l'autoguidage de précision se démocratise et offre la possibilité à une nouvelle population d'agriculteurs « à l'aise avec les outils numériques » d'accéder à l'agriculture de précision avec la technologie RTK. Cette population d'agriculteurs a des revenus financiers moins élevés que la « population historique » et des exploitations plus petites. Ce sont souvent, des agriculteurs qui ont une double activité ou qui reviennent à l'agriculture après avoir travaillé dans un autre domaine.

Cette population d'agriculteurs est aussi intéressée par la possibilité d'auto-construire leur système de guidage (AG open GPS), dont les informations sont également en libre accès sur internet. Ils peuvent ensuite connecter ce système à Centipède-RTK.

Tableau 7 : Répartition de la population d'agriculteurs en fonction de leur besoin en agriculture de précision à coût élevé ou faible (high ou low cost)

Population d'agriculteurs			Utilisation RTK propriétaire associé à leur matériel (%)	Utilisation de Centipède RTK (RTK libre)	Raison	
Agriculteurs équipés de la technique RTK (%)	Niveau de précision de l'autoguidage	Quels agriculteurs en fonction des usages		Conversion (%)	Primo-accédants (%)	
Non (80)	De 30 cm à 5 cm (pas besoin de RTK)	Elevage et cultures pour l'élevage				
Oui (20)	Population historique	Agriculteurs qui ont des moyens financiers (céréaliers, producteurs de lin)	10	Quelques % d'agriculteurs ayant des exploitations plus petites	0	Ne plus payer d'abonnement RTK (800 euros/an)
		Agriculteurs qui produisent des cultures industrielles (betteraviers, pomme de terre)			0	
		Agriculteurs qui cultivent des végétaux qui ont une haute valeur ajoutée (maraîchers)		0	0	Aucune prise de risque
		Agriculteurs qui font de l'expérimentation		0	0	
	Population d'agriculteurs « à l'aise avec les outils numériques »	Agriculteurs avec des petites exploitations, avec double activités ou retour à l'agriculture après avoir exercé un autre métier qui s'équipent de système d'autoguidage low cost moins cher capable de se connecter à RTK libre	0		5 à 10	Montage de base, recevoir (rover) à prix réduit et pas d'abonnement RTK

Le relevé au champ : nouveau débouché pour l'agriculture de précision avec Centipède-RTK

Le téléphone portable équipé d'un rover (ou récepteur RTK)

Le réseau Centipède-RTK propose également des plans et tutoriels pour fabriquer son propre récepteur RTK appelé aussi rover. Ce récepteur, associé à un smartphone, permet d'utiliser des applications mobiles avec une précision de géolocalisation au centimètre près, comparée à une précision de 5 à 10 mètres avec la puce GPS standard du téléphone. Cela ouvre la voie à de nouvelles utilisations du téléphone, jusqu'alors irréalisables ou imprécises. Par exemple mesurer des surfaces de parcelle avec précision pour les déclarations de la PAC¹², découper des parcelles pour implanter des cultures différentes, découper des paddocks pour définir des zones de pâturage tournant et dynamique, en fonction des besoins des animaux, créer des lignes de guidage à partir des limites de parcelle... Il est possible de fabriquer soi-même son propre récepteur RTK pour un coût d'environ 400 euros sachant qu'une canne

¹² https://agriculture.ec.europa.eu/common-agricultural-policy/cap-overview/cap-glance_fr

d'arpentage vaut environ 15 000 euros. Le prix comprend l'achat d'une antenne pour la réception des signaux des satellites, d'une puce GNSS pour interpréter les corrections RTK, d'un module Bluetooth pour la communication des informations avec le téléphone et d'une batterie pour alimenter le système. Il est nécessaire de télécharger une application mobile sur le téléphone qui permet de récupérer les corrections de la base Centipède-RTK via internet (client NTRIP Bluetooth GNSS) et de renvoyer la position corrigée à toutes les autres applications du téléphone. Centipède-RTK est en pleine expansion dans ce domaine, notamment pour les suivis naturalistes dans le domaine de l'écologie.

Les drones :

Les agriculteurs s'équipent de plus en plus de drones et se connectent sur le réseau Centipède-RTK pour notamment cartographier leurs champs ou mesurer les indices de nutriments azotés.

Quelques chiffres

Entre 2019 et 2026, 1 410 bases GNSS sont déclarées à travers le monde. La majorité d'entre elles se trouvent en France métropolitaine (845 bases), avec également une présence significative dans les territoires d'outre-mer, notamment à La Réunion, en Guadeloupe, Nouvelle-Calédonie et Polynésie française. Les pays voisins de la métropole, comme la Suisse, la Belgique et les Pays-Bas, ont également suivi le mouvement.

Le nombre de connexions mesurées à un instant t est compris entre 4 000 et 6 000 (Figures 4 et 5), cependant Julien Ancelin estime que ce nombre serait bien plus important et plutôt autour de 8 000 à 10 000 connexions simultanées. Le nombre moyen de connexions à un instant t sur une base est d'environ 30 (Figure 4). On peut estimer que le nombre moyen d'hectares par tracteur est compris entre 100 et 400 hectares.

Figure 4 : Carte des connexions au niveau du Caster (serveur)

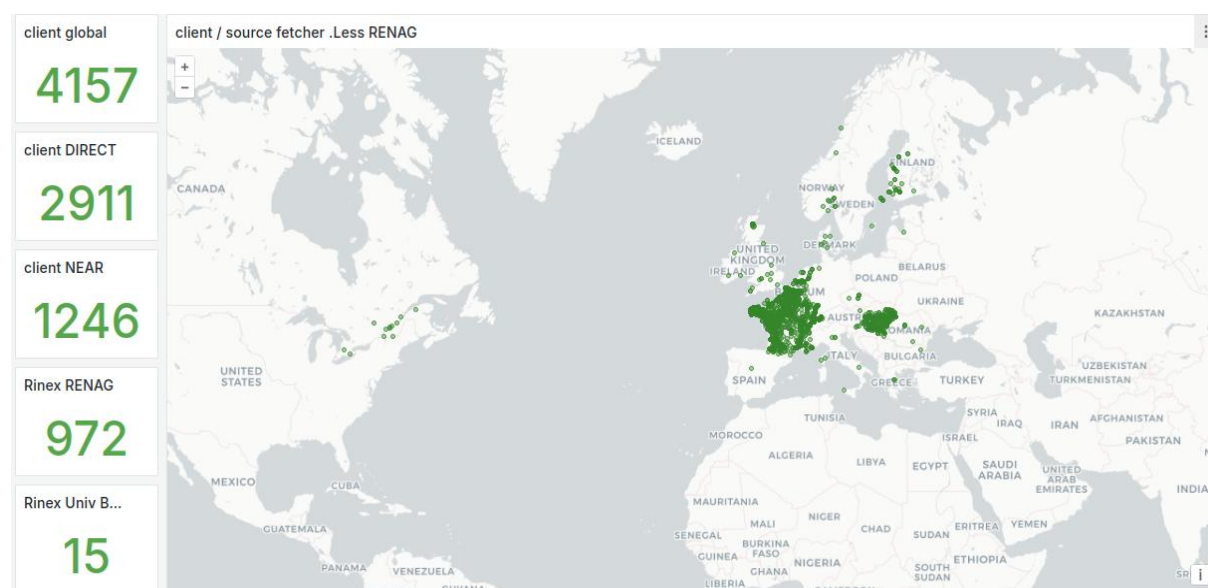


Figure 5 : Nombre de connexions (ordonnée) au niveau du Caster (serveur) en fonction du temps
(abscisse : par jour)

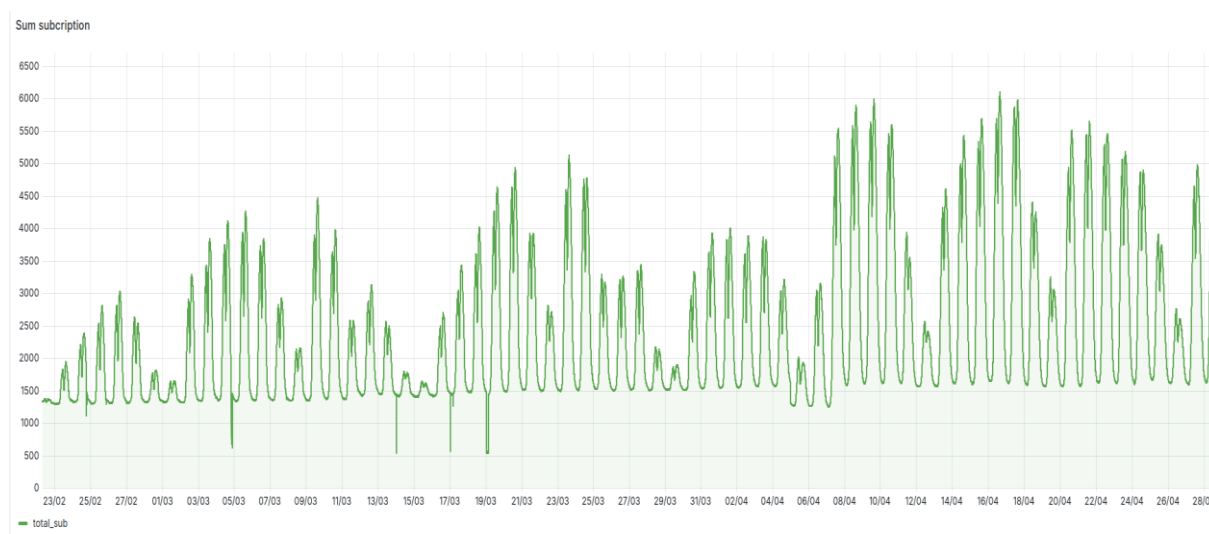
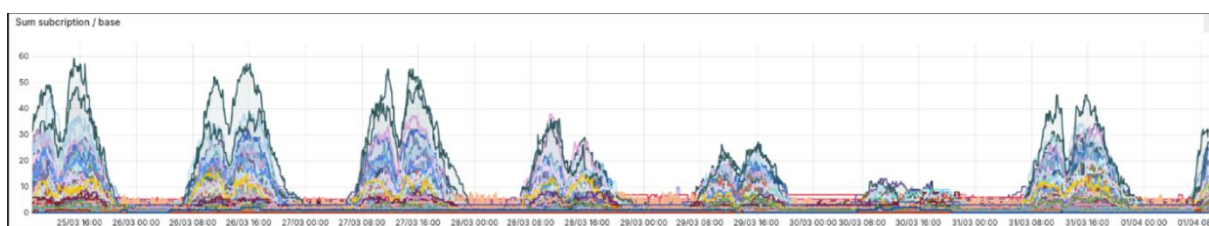


Figure 6 : Nombre de connexions sur une base (ordonnée) en fonction du temps (abscisse : jour et heure) :
une couleur correspond à une base du réseau



Publications scientifiques majeures :

Dans le cas traité, on a une inversion par rapport à un schéma classique de Recherche / Innovation, dans lequel les publications précèdent l'usage. En effet, ici, les publications viennent après une première diffusion qui démontre la validité du concept Centipède-RTK.

Ancelin J., Ladet S., Heintz W. (2025). CentipedeRTK, un réseau pour la géolocalisation haute précision au service de l'environnement. *Journal of Interdisciplinary Methodologies and Issues in Sciences*, DOI : <https://doi.org/10.46298/jimis.14252>

Ancelin, J., Ladet, S., Heintz, W. (2023). Le Real Time Kinematic collaboratif, lowcost et open source. Positionnement GNSS temps réel, cinématique, collaboratif et en accès libre et à faible coût. *Spatial Analysis and GEOmatics 2023, GDR MAGIS Méthodes et Applications pour la Géomatique et l'Information Spatiale ; Centre de Recherche en Données et Intelligence Géospatiales de l'Université Laval (Québec), Jun, Québec, Canada. pp.184-197. <hal-04144737>*

Ancelin, J., Heintz, W., Moura, J., Peneau, S. (2022). Docs-centipedeRTK. DOI : 10.5281/zenodo.5814773 <hal-03507945, version 1>

Bosser, P., Ancelin, J., Métois, M. *et al.* (2024). Evaluation of tropospheric estimates from CentipedeRTK, a collaborative network of low-cost GNSS stations. *GPS Solut* 28 (4), 158. <https://doi.org/10.1007/s10291-024-01699-3>

Bosser, P., Ancelin, J., Métois, M., Rolland, L., Vidal M. (2023). Water vapour monitoring over France using the low-cost GNSS collaborative network Centipede. EGU General Assembly 2023, Vienna, Austria. 10.5194/egusphere-egu23-9059. <hal-04081663>

Heintz, W., Molina, J., Ladet, S., Larrieu, L., Laroche, F. (2024). Évaluation des performances de solutions GNSS Real Time Kinematic commerciales et open source pour la géolocalisation des arbres en forêt. NOV'AE, 01, 10p. <10.17180/novae-2024-NO-art01>. <hal-04546716>

Mzali L., Ancelin J. (2023) Géolocalisation collaborative low coast et open source : un outil précieux pour la gestion concertée de l'eau en marais littoraux. FORUM INNOVATION. <hal-04563176>

Pira, A., Ancelin J., Coulombier T., Dausse, D., Ballu, V., Testut, L., Mzali, L., Gaugue, A. (2021). Physalia : Plateforme HYdrographique pour la Surveillance Altimétrique du Littoral. Lettre d'information Résif, 20, pp.13-14. <hal-03508116v2>

Circulation des connaissances et intermédiaires

Les connaissances ont pu circuler, via le réseau « CentipèdeRTK.org », grâce, à un système open source et data, à des formations et aux échanges sur des fils de discussions Telegram (1 439 membres) (https://t.me/Centipede_RTK) au sein de la communauté des utilisateurs (Photo 1).

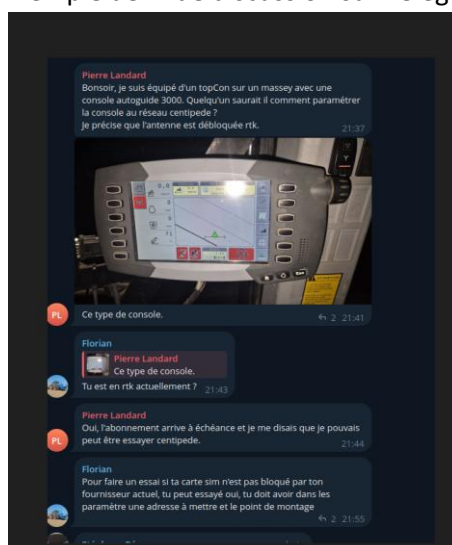
Les contributeurs au réseau « CentipèdeRTK.org » sont :

- Les agriculteurs qui représentent les principaux installateurs car le réseau Centipède-RTK répond à leurs besoins d'autoguidage pour les machines agricoles (70 %) 🚜 ;
- Les sociétés privées (concessions de matériel agricole, dronistes, géomètres, ...) qui occupent la deuxième place avec 12 % des bases ;
- Les instituts de recherche tels que le RENAG, INRAE, l'IUEM, AGROTIC et le CNRS¹³ qui contribuent à hauteur de 7 % ;
- Enfin, les établissements d'enseignement comme l'ENSG¹⁴, des universités et des lycées agricoles qui complètent la liste avec 3 % des bases ;
- Le reste des installations concerne des particuliers, des associations et un nivoculteur ❄️.

¹³ <https://www.cnrs.fr/fr>

¹⁴ <https://ensg.univ-lorraine.fr/>

Photo 1 : Exemple de fil de discussion sur Telegram



Organisation de formations

1. Pôle de formation de La Rochelle

Les premières formations ont eu lieu en 2019 et en 2021 grâce notamment au financement de la Direction pour la Science Ouverte (DipSO) INRAE et de l'appui du CATI GEDEOP. Ce pôle de La Rochelle, continue à organiser des formations pour adultes sur 2 à 3 jours. Ainsi 30 à 50 personnes sont formées chaque année. Elles apprennent notamment à fabriquer un rover (récepteur).

Le réseau Drones & Cap' du CNRS a organisé, en octobre 2024, un atelier technique rover-RTK (récepteur) au laboratoire LIENSs de La Rochelle. Cet événement a formé les participants, à l'utilisation des bases GNSS et du réseau Centipède-RTK sur divers dispositifs, comme les drones aériens, les bouées GNSS ainsi qu'au développement de rovers (récepteurs) GNSS. Il visait à renforcer les compétences en instrumentation GNSS et à favoriser les échanges inter-institutionnels au sein de la communauté scientifique.

2. La chambre d'agriculture de la Somme

La chambre d'agriculture de la Somme s'est associée avec celle de l'Aisne pour mettre à disposition des agriculteurs, des bases Centipède-RTK et les inciter à les utiliser pour augmenter le nombre de bases connectées.

Depuis 2023, l'ingénieur 'agroéquipements' de la chambre d'agriculture de la Somme réalise des formations dans plusieurs chambres d'agriculture : Somme, Oise, Normandie et Ardenne. Depuis janvier 2025, 7 formations ont été réalisées avec, pour chacune, la participation d'une dizaine d'agriculteurs. Deux types de formations, expliquant l'utilisation de Centipède RTK, sont proposées, la première concerne l'autoguidage du tracteur et la seconde concerne l'utilisation d'un smartphone comme rover (récepteur).

3. La chambre d'agriculture du Gers

Marjorie Bonnemaïson a organisé plusieurs sessions de formation auprès d'agriculteurs pour la construction d'antennes et de rovers (récepteurs), comme elle l'a fait pour les chambres d'agriculture de la Somme et du Gers. Wilfried Heintz et Jérôme Molina (INRAE) ont animé ces formations et sont également intervenus à l'occasion de journées organisées autour de l'agriculture numérique dans le Gers.

(Marciac 2022 et 2023, Bassoues 2024). Ces initiatives, en lien avec le living lab OccitANum¹⁵ et relayées ensuite par la chambre d'agriculture de l'Ariège, ont posé les bases du projet CentipOC (voir ci-dessous).

4. AgroTIC à Montpellier SupAgro : comment fabriquer son rover (récepteur)...

Simon Moinard et Basile Ploteau ont mis en place, des formations à destination des étudiants de Montpellier SupAgro et également, à partir de 2023, de personnes extérieures. Ces personnes extérieures, sont (1) des conseillers de chambre d'agriculture, intéressés à savoir comment fabriquer soi-même un rover (récepteur) pour suivre des symptômes de maladies en parcelles, (2) des personnes de collectivités territoriales pour cartographier de manière précise les réseaux d'eau, les chemins pédestres, les limites de cours d'eau, (3) des propriétaires de matériels d'arpentage dont le suivi était réalisé par le réseau GNSS d'Orphéon et qui souhaitent utiliser Centipède-RTK pour avoir la maîtrise de leur système et ne plus payer d'abonnement. Ainsi, six formations ont permis de former une quarantaine de personnes dont deux pour lesquelles l'objectif est d'être elles-mêmes formatrices, en vue d'expliquer l'assemblage de bases du réseau Centipède-RTK.

Projets collaboratifs en Occitanie et Nord de la France – Wallonie, pour rendre plus accessible le guidage de précision

1. CentipOC : rendre plus accessible le guidage de précision en Occitanie (depuis 2024)

Des chambres d'agriculture mobilisent des agriculteurs et des agricultrices au sein du projet CentipOc, qui est porté par la Fédération régionale des coopératives d'utilisation de matériel agricole d'Occitanie dans le cadre du living lab OccitANum. L'objectif est d'élargir la communauté d'agriculteurs utilisateurs, les sensibiliser au réseau collaboratif et open source « Centipède RTK » et les accompagner dans l'auto-construction et l'utilisation d'équipements numériques mobilisant Centipède-RTK. Le projet apporte notamment un soutien financier pour l'achat de bases RTK. Les partenaires de CentipOC sont FRCUMA Occitanie¹⁶, les Chambres d'agriculture du Gard, du Gers, de l'Ariège et du Tarn-et-Garonne, ainsi que le living lab OccitANum porté par INRAE. Ce projet est financé par la Banque des Territoires, la Région Occitanie et les partenaires.

2. CVOconsoles Nord de la France – Wallonie (octobre 2024-Mars 2026)

Ce projet est financé par le programme européen Interreg France-Wallonie-Vlaanderen, CVOconsoles¹⁷ et a pour objectif de promouvoir et d'accompagner les agriculteurs dans la valorisation et l'optimisation de leur console informatique de gestion des tracteurs et des machines agricoles.

Les chambres de l'agriculture de l'Aisne et de la Somme et WalDigiFarm, souhaitent montrer aux agriculteurs, ce qu'il est déjà possible de faire avec le matériel actuel, sans investissement complémentaire et également ce qu'il est possible d'optimiser avec d'autres solutions complémentaires telles que le Réseau Centipède RTK).

2022-2023 Système de guidage low-cost et constructeurs de tracteurs qui rendent le rover (récepteur) compatible avec Centipède-RTK

¹⁵ <https://www.occitanum.fr/le-living-lab-occitanum>

¹⁶ <https://occitanie.cuma.fr/>

¹⁷ <https://www.waldigifarm.be/fr/projet-cvoconsoles/>

Depuis l'arrivée sur le marché, il y a environ 2 ans, de systèmes d'autoguidage low-cost (5 000 à 9 000 euros), le nombre d'agriculteurs qui peuvent avoir accès à l'agriculture de précision a considérablement augmenté. Ces systèmes, d'une part sont beaucoup moins chers que les systèmes d'autoguidage déjà présents sur le marché, tels que John Deere ou Trimble (20 000 euros), et d'autre part, capables de se connecter à n'importe quel type de système RTK dont Centipède-RTK (voir Tableau 3).

2024 Convention de Centipède RTK avec PCH (Packet Clearing House)

Cette convention permet le déploiement du réseau, à l'origine centré sur la France dans un data center Enseignement Recherche, vers une infrastructure informatique internationale toujours en accès libre. En effet, PCH possède de nombreux serveurs repartis dans le monde (une centaine dont 6 en France). PCH prête des serveurs à Centipède RTK de manière à ce que le stockage et la transmission de l'information se fasse au plus près de la base où se fait la connexion.

2025 Développement et déploiement de Millipede Caster

Avec la croissance forte du réseau le caster BKG (<https://igs.bkg.bund.de/ntrip/bkgcaster>), utilisé depuis la création du réseau, arrivait en limite de capacité opérationnel et provoquait des coupures régulières. Millipede Caster a été développé par un contributeur du réseau, Pierre Beyssac¹⁸, afin de répondre aux fortes demandes de connexions simultanées au réseau Centipede-RTK pendant les périodes de travail des agriculteurs. Le développement du code de Millipede-caster est continu afin d'améliorer ses fonctionnalités, il est également disponible en open-source afin de faciliter sa reproductibilité (<https://github.com/CentipedeRTK/millipede-caster>).

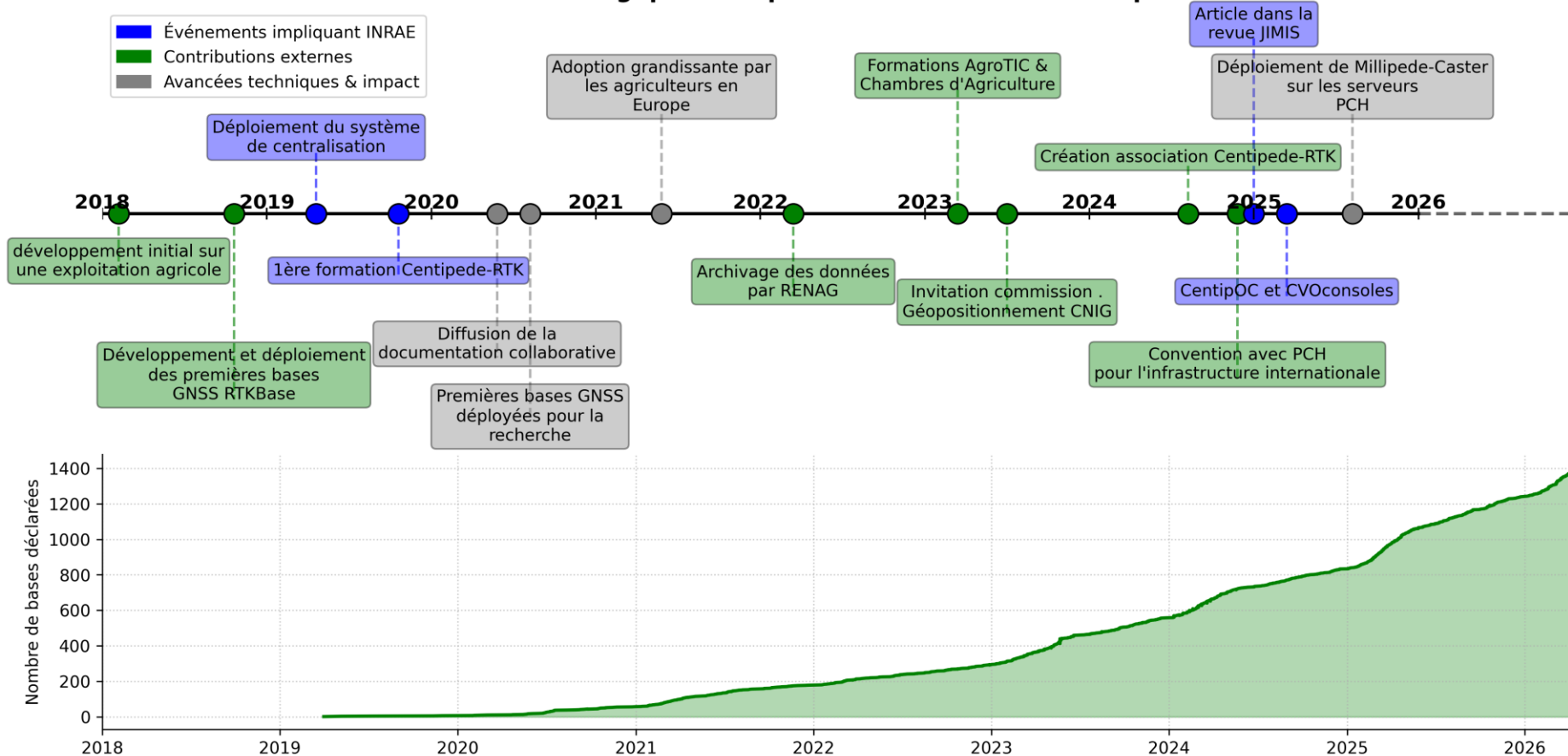
¹⁸ <https://annales-des-mines.org/bio-beyssac-pierre/>

Chronologie

Tableau chronologique

Année	Événement	Signification pour le cas
2018	 Expérimentations initiales sur une exploitation agricole en Charente-Maritime	Besoin d'un autoguidage agricole indépendant, premier test sur la faisabilité technique
2019	 Développement des premières bases GNSS RTKBase par Stéphane Péneau	Mise en place d'une infrastructure low-cost, création du premier prototype open-source
2019	 Déploiement du système de centralisation sur une infrastructure INRAE via le CATI GEDEOP 	Premier engagement d'INRAE, structuration informatique du projet
2019	 1ère formation Centipède-RTK via le CATI GEDEOP et financement DipSO	Diffusion des connaissances pour un public plus large, nouveaux contributeurs
2020	 Création de la documentation pour l'installation des bases GNSS	Démocratisation technique et accessibilité du projet pour les utilisateurs
2020	 Première base GNSS déployée dans une unité mixte de recherche (LIENSS)	Adoption par le monde académique, usage en recherche scientifique
2020	 Adoption de la solution par 60 agriculteurs, structuration de la communauté	Début de l'expansion du réseau et premiers retours terrain
2021	 Structuration technique du réseau avec collaborations informelles (INRAE, IUEM, société civile) 	Développement des synergies entre monde académique, société civile et acteurs agricoles
2021	 2ème formation Centipède-RTK GEDEOP avec financement DipSO INRAE	Diffusion des connaissances pour un public plus large, nouveaux contributeurs
2021	 Expansion des bases GNSS en Europe (100 bases installées)	Premiers utilisateurs internationaux, consolidation technique
2022	 Convention entre RENAG et Centipède-RTK pour l'archivage des données 	Structuration des données GNSS et engagement institutionnel
2023	 Organisation régulière de formations avec la Chaire Agrotic de Montpellier SupAgro	Diffusion des connaissances et montée en compétences des utilisateurs
2023	 Intégration de Centipède-RTK à la commission géopositionnement du CNIG	Reconnaissance institutionnelle et normalisation du projet
2024	 Création de l'association Centipède-RTK pour structurer la gouvernance	Passage à une organisation structurée pour la pérennisation du projet
2024	 Convention avec PCH pour un déploiement international	Sécurisation et résilience du réseau à l'échelle mondiale
2025	 Article dans la revue Journal of Interdisciplinary Methodologies and Issues in Sciences (JIMIS) sur l'impact du projet	Validation scientifique et diffusion des résultats du projet
2025	 Déploiement du nouveau caster Millipede	Sécurisation et amélioration des capacités de l'infrastructure informatique

Frise Chronologique et Déploiement des Bases - Centipede-RTK



Récapitulatif des 5 partenaires principaux associés

Le projet a été diffusé en open source dès le début de sa création, réunissant des acteurs privés, publics, institutionnels, entreprises et acteurs individuels. Ceci a contribué à le faire connaître rapidement dans les secteurs où il était le plus utile.

Nom du partenaire associé aux recherches (5 maximum)	Type (Académique, privé, instance publique, institut technique)	Connaissances apportées disciplines, compétences spécifiques	Moyens apportés (Financiers, infrastructures...)	A participé depuis le début des recherches ?
Stéphane Penaud	Indépendant privé	Développement de la base RTK (hardware base). Actuellement il a équipé 95% des bases utilisées par le réseau Centipède-RTK	Moins cher (environ 600 euros) que celles vendues par les grosses structures	Oui
INRAE CATI GEDEOP (Ingénieurs des départements de recherche AgroEco-System, ACT et ECODIV), avec un appui financier de la Direction pour la Science Ouverte (DipSO INRAE)	Académique	Infrastructure informatique, géomatique	Serveurs pour stocker les données, possibilité de faire des formations à destination d'un public large. Appui de la DipSO pour le déploiement du projet au niveau institutionnel	Oui
Utilisateurs finaux			Contributeurs actifs à la mise à jour de la documentation, au retour d'expérience et au développement de nouveaux cas d'usage adaptés aux réalités locales	Oui
Réseaux communautaires			Plateformes favorisant le partage de connaissances et l'entraide entre utilisateurs	Non

Chambres d'agriculture		Formations destinées aux agriculteurs	Acteurs dans la vulgarisation et la mise en œuvre des technologies GNSS auprès des agriculteurs	Non
Collectivités locales et régions	Instances publiques, instituts techniques		Soutien logistique et coordination pour l'installation et la gestion des bases GNSS sur les territoires	Non
RENAG (Réseau national GNSS)	Instance publique		Fourniture d'une infrastructure GNSS robuste pour héberger les données générées et renforcer le réseau Centipède-RTK	Non
CNIG (Conseil national de l'information géographique)	Instance publique	Connaissance en matière de géomatique	Appui stratégique pour la diffusion des bonnes pratiques en géodésie et l'intégration des solutions Centipède-RTK dans les systèmes de référence pour l'état	Non
PCH (Packet Clearing House)	ONG	Maîtrise d'infrastructure informatique internationale	Déploiement du réseau, à l'origine centré sur la France, vers une infrastructure informatique internationale toujours en accès libre	Non
LIENSs (laboratoire Littoral en environnement et sociétés, CNRS-La Rochelle université)	Académique		Collaboration pour l'utilisation et l'évaluation du réseau dans des recherches environnementales littorales	Non
IUEM (Institut universitaire européen de la mer)	Académique		Partenaire clé pour les applications marines et littorales	Non

Impacts

Les impacts avérés concernent les quelques pourcents de la population d'agriculteurs qui « historiquement » étaient déjà équipés de système d'autoguidage avec la technologie RTK (signaux propriétaires) et qui ont rejoint le réseau Centipède-RTK, libre et low-cost.

Économique

Quelques pourcents de cette population d'agriculteurs ont rejoint le réseau Centipède RTK pour ne plus avoir à payer d'abonnement aux sociétés qui vendent des prestations RKT. Le gain est d'environ 800 euros par an.

Environnemental

Ras

Politique

En favorisant une approche ouverte et collaborative, le réseau contribue à l'autonomie numérique (commun numérique) et technologique des territoires. Il soutient les politiques publiques liées à l'innovation, à la souveraineté numérique et à la transition agroécologique.

Sanitaire

Ras

Social, territorial

L'impact social est double, d'une part il favorise le **capital humain**, en permettant l'accès de cette population d'agriculteurs à des compétences informatiques en levant les freins liés à l'acquisition de nouvelles compétences technologiques et d'autre part en développant le **capital social**, en intégrant une communauté qui soutient l'apprentissage collectif.

Impacts généralisés

Depuis 2021, l'agriculture de précision se démocratise grâce à plusieurs facteurs :

- Le réseau Centipède-RTK qui est collaboratif, ouvert à tous, évolutif et « fait maison » ;
- Les formations organisées par différents acteurs de l'agriculture, et l'installation de base Centipède RTK par les chambres d'agriculture auxquelles les agriculteurs peuvent se relier ;
- L'arrivée sur le marché de systèmes d'autoguidage (low-cost) moins cher et capable de se connecter à n'importe quel type de technologie RTK dont Centipède-RTK.

Impacts potentiels

Depuis 2 à 3 ans, l'agriculture de précision se démocratise grâce à plusieurs facteurs décrits précédemment. Ainsi apparaît une nouvelle population d'agriculteurs « à l'aise avec les technologies numériques » qui utilisent de plus en plus le réseau Centipède-RTK : « les primo-accédants ».

De plus, les abonnements à des systèmes RTK propriétaires ont souvent une durée de 5 ans. Le réseau Centipède-RTK accueille alors, des agriculteurs qui ne renouvellent pas leur abonnement et migrent vers cette solution en libre accès.

Économique

L'arrivée sur le marché de systèmes d'autoguidage low cost, permet aux agriculteurs de ne pas avoir à payer de licence, ni de modem pour utiliser le réseau Centipède RTK qui lui-même est gratuit (Tableau 3). Ainsi les agriculteurs « primo-accédants » bénéficient des avantages de l'agriculture de précision à savoir une réduction de la consommation en énergie des machines et l'augmentation des rendements. La commercialisation de matériels agricoles low cost, par des revendeurs capables de paramétrer correctement la technologie RTK avec une précision de 2 cm, engendre une concurrence avec les grandes entreprises de matériels agricoles que sont John Deere et Trimble. L'arrivée des puces GNSS low-cost et plus largement l'accessibilité accrue des équipements informatiques détrônent ces fournisseurs de matériels propriétaires même si les agriculteurs restent encore très dépendants des concessions de matériels agricoles qui ne commercialisent que ce type de produit haut de gamme.

Environnemental

Le déploiement de l'utilisation de Centipède-RTK dans les domaines de l'agriculture de précision et la gestion des territoires contribue à une réduction des intrants agricoles (engrais, pesticides) et des carburants, favorisant ainsi une meilleure gestion des ressources naturelles et une diminution de l'empreinte carbone.

Les nouvelles pratiques de semis sur « sol recouvert » qui se développent actuellement et qui permettent de limiter l'érosion, de favoriser la rétention d'eau et de préserver l'activité biologique du sol ne peuvent être réalisées qu'avec un système d'autoguidage de précision utilisant la technologie RTK.

Dans le domaine de la recherche, Centipède-RTK contribue à une meilleure connaissance et un meilleur suivi de la biodiversité. En effet, le coût faible du système permet d'augmenter le nombre et la qualité des observations grâce à la précision des observations.

Politique

Le CNIG est une instance consultative placée auprès du ministre en charge du développement durable. Cette instance rassemble, en un lieu unique, la très grande variété d'acteurs qui composent l'écosystème de la géo-donnée en France : ministères, établissements publics, collectivités territoriales, entreprises privées, associations professionnelles, organisations syndicales, association de citoyens, qui peuvent se rencontrer, décider et coproduire ensemble.

Depuis 3 ans, Centipède-RTK participe à la commission « géopositionnement » du CNIG, qui a pour mission de mener des travaux relatifs aux techniques de géopositionnement à terre, en mer, sous la terre, sous les mers, dans les airs ou dans l'espace.

Santé/Sanitaire

L'agriculture de précision améliore les conditions de travail des agriculteurs « primo-accédants » grâce à l'autoguidage des machines agricoles qui réduit la pénibilité et la fatigue des opérateurs, renforçant ainsi la sécurité et le bien-être des utilisateurs. Cette technique leur permet de gagner du temps : 13% lors du travail du sol, 5% lors des moissons et 2% lors des traitements, ceci tout en maintenant la qualité du travail réalisé (Arvalis, 2015).

Social, territorial

La démocratisation de l'agriculture de précision et notamment l'autoguidage de précision, permet de diminuer les inégalités entre les agriculteurs qui ont des moyens financiers et ceux qui en ont moins. Le développement des robots autonomes dans le secteur agricole, en vue de limiter la pénibilité du travail et/ou de compenser le manque de main d'œuvre, est un facteur de développement de la technologie RTK même si cela entraîne une dépendance accrue aux technologies du numérique.

Les publications scientifiques ont un rôle de validation du réseau low cost de Centipède RTK après que la preuve de concept ait eu lieu. Elles favorisent son utilisation dans d'autres domaines que celui de l'agriculture de précision tels que des travaux de surveillance météorologique, de surveillance du littoral, de gestion de l'eau et des forêts.

Les impacts négatifs

Le réseau Centipède RTK : risque humain, financier et économique

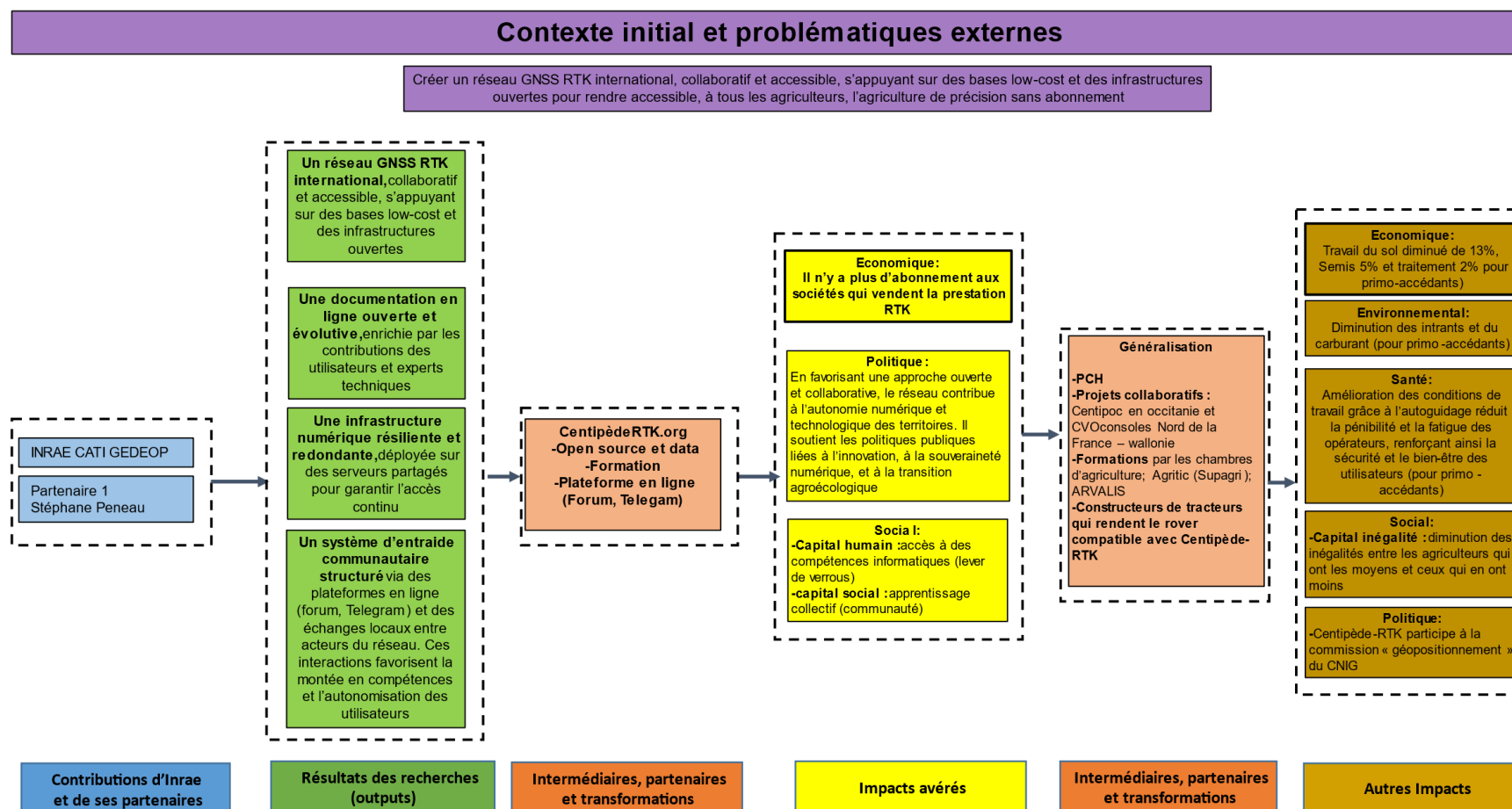
Le réseau Centipède RTK repose principalement sur deux personnes, Stéphane Péneau (privé indépendant) et Julien Ancelin (INRAE), cependant ils disposent aujourd'hui d'une dizaine d'administrateurs. En effet, une association a été créée pour élargir le nombre de personnes compétentes, les contributeurs y participent de manière personnelle. Cette gouvernance pose donc un défi lié à la pérennité des infrastructures communautaires. Afin d'assurer la pérennisation de la gouvernance du réseau de Centipède-RTK, une réflexion est nécessaire au sein de l'INRAE et des autres structures qui utilisent Centipède-RTK concernant son soutien humain et financier.

Concernant l'approvisionnement en composants électronique, la souplesse des solutions ouvertes et l'arrivée de beaucoup de nouvelles puces GNSS fabriquées par plusieurs fournisseurs diminue grandement le risque technologique sans pour autant l'effacer.

Peu de soutien des politiques publiques à l'innovation et problèmes des conseillers des chambres d'agriculture

En France, seules deux ou trois chambres d'agriculture disposent encore de conseillers en agroéquipement capables de conseiller les agriculteurs sur le machinisme (pour la culture de la vigne notamment et pour les cultures industrielles). Cependant les politiques publiques incitent les agriculteurs à effectuer le désherbage sans produits chimiques, ce qui conduit indirectement à utiliser la technologie RTK indispensable au désherbage mécanique. La généralisation des formations pour l'utilisation de la technologie RTK par l'ensemble des chambres d'agriculture est donc nécessaire à la diffusion de l'information et au conseil sur le système RTK auprès des agriculteurs.

Impact pathway



Les impacts en résumé

Dimension d'impact	Notation de l'importance de l'impact : de 1 à 5 ou faible, moyen, fort	Résumé de chacun des impacts
Impacts pour la population « historique »		
Economique	4/5	Le gain d'abonnement aux sociétés qui vendent des prestations de la technologie RTK, soit environ 800 euros par an
Social	4/5	Favorise le capital humain en permettant l'accès de cette population d'agriculteurs à des compétences informatiques en levant les freins liés à l'acquisition de nouvelles compétences technologiques et le capital social en intégrant une communauté qui soutient l'apprentissage collectif
Politique	3/5	Favorise une approche ouverte et collaborative, le réseau contribue à l'autonomie numérique (commun numérique) et technologique des territoires
Impacts généralisés pour la population des « primo-accédants »		
Economique	4/5	Travail du sol diminué de 13%, semis 5% et traitement 2%
Environnemental	4/5	Une réduction des intrants agricoles (engrais, pesticides) et des carburants
Santé	4/5	L'accès à l'agriculture de précision grâce à Centipède-RTK améliore les conditions de travail des agriculteurs 'primo-accédants'.
Social	4/5	Diminue les inégalités entre les agriculteurs qui ont les moyens et ceux qui en ont moins : capital inégalités.
Politique	3/5	Centipède-RTK participe à la commission « géopositionnement » du CNIG, qui a pour mission de mener des travaux relatifs aux techniques de géopositionnement à terre, en mer, sous la terre, sous les mers, dans les airs ou dans l'espace.

Source des données

Entretiens réalisés (personnel INRAE + acteurs socio-économiques) : nom et affiliation.

Caroline Desbourde : ingénieure spécialiste « agriculture de précision » chez Arvalis

Aline Dupont : ingénieure « agroéquipement » à la chambre d'agriculture de la Somme

Simon Moinard : ingénieur de Montpellier SupAgro, chaire AgroTIC

Basile Poteau : chercheur à Montpellier SupAgro, chaire AgroTIC

Documents consultés

Arvalis (2015). Les Essentiels d'Arvalis - Quels sont les enjeux des systèmes de guidage assisté par GPS sur la conduite des cultures ? : <https://www.arvalis.fr/infos-techniques/autoguidage-assiste-par-gps-limite-les-recouvrements>),

Chambre d'agriculture de la Somme (2023). Utilisation du réseau RTK libre Centipède.

Deseau, S. (2016). Choisir une correction GPS. Chambre d'agriculture du Loiret.

Dupont, A. (2025). Connexion au réseau Centipède-RTK avec autoguidage. Prérequis et paramétrage. Note technique. Interreg France-Wallonie-Viaanderen.

INRAE (2025). Démocratiser le guidage agricole de précision : déploiement du réseau Centipède-RTK. Communiqué de presse. 3 Février 2025.

Sites Web consultés

Arvalis

<https://www.arvalis.fr/infos-techniques/quels-sont-les-enjeux-des-systemes-de-guidage-assiste-par-gps-sur-la-conduite-des>

<https://www.arvalis.fr/infos-techniques/autoguidage-assiste-par-gps-limite-les-recouvrements>)

Cartocité

Projet <https://cartocite.fr/centipedertk-ou-la-naissance-dun-geocommun/><https://cartocite.fr/qui-sommes-nous/>

Centipède-RTK

<https://www.centipede-rtk.org/>

<https://docs.centipede.fr/docs/base/>

<https://docs.centipede.fr/docs/base/Materiels.html>

[Vidéos | Centipede RTK](#)

<https://docs.centipede.fr/docs/publication/publi.html>

<https://centipede.fr/index.php/view/map?repository=cent&project=centipede#0.100798,42.857445,2.229400,43.929156|basesrtk,notdeclared,buffer50|d%C3%A9faut,d%C3%A9faut,d%C3%A9faut|1,1>

<https://centipede-rtk.org/so/f3PHKj5yZ?languageTag=en&status=Draft&cid=00000000-0000-0000-0000-000000000000><https://fr.linkedin.com/pulse/projet-centip%C3%A8de-le-rtk-en-r%C3%A9seau-ouvert-pour-les-donn%C3%A9es-ancelin>https://t.me/Centipede_RTK

https://kalisio.github.io/k-centipede/01_apropos/histoire.html

Cinématique temps réel

https://fr.wikipedia.org/wiki/Cin%C3%A9matique_temps_r%C3%A9el

CNRS

<https://www.cnrs.fr/fr>

Enseignement Université de Lorraine

<https://ensg.univ-lorraine.fr/>

INRAE

Cati GEDEOP - INRAE CATI GEDEOP

<https://www.inrae.fr/actualites/democratiser-guidage-agricole-precision-deploiement-du-reseau-centipede-rtk>

CNIG

<https://cnig.gouv.fr/commission-geopositionnement-a665.html>

Institut universitaire européen de la mer

<https://www.iuem.univ-brest.fr/pops/projects/centibreizh>

Marché de l'agriculture de précision

<https://www.marketsandmarkets.com/Market-Reports/precision-planting-market-96394217.html>

Multipède caster

<https://Annales-des-mines.org/bio-beyssac-pierre/>

Packet Clearing House

<https://www.pch.net/>

Projet-cvoconsoles

<https://www.waldigifarm.be/fr/projet-cvoconsoles/>

Projet Interreg

<https://www.waldigifarm.be/fr/projet-cvoconsoles/>

Projet Occitanum

<https://occitanum.fr/les-projets-innovants/reduire-les-intrants/centipoc>

<https://www.occitanum.fr/le-living-lab-occitanum>

<https://occitanie.cuma.fr/>

Vie publique: réduction de l'emploi des produits phytopharmaceutiques

<https://www.vie-publique.fr/files/rapport/pdf/294616.pdf>

Vitisphere : Guidage par satellite

<https://www.vitisphere.com/actualite-71366-gps-gprs-dgps-rtk-comment-sy-retrouver-.html>

ZDNET

<https://www.zdnet.fr/blogs/l-esprit-libre/autoguidage-centimetrique-open-source-en-agriculture-le-projet-centipede-39928965.htm>

Réseaux RTK propriétaires

[Accueil | Orphéon : le premier réseau NRTK Full GNSS de France](#)

<https://reseau-orphéon.fr/>

<https://www.reseau-teria.com/>

<https://www.deere.fr/fr/solutions-d-agriculture-intelligentes/solutions-de-guidage/rtk/>

<https://www.vantage-am.fr/produits/nos-technologies/autoguidage-par-satellite/>

Réseaux open source

<https://discourse.agopengps.com/>

<https://www.apusolibre.com>

Rover/récepteur

<https://mobilab.agrotic.org/2023/03/29/le-rover-rtk/>

https://docs.google.com/spreadsheets/d/1esAuBDgaHBoh1Rt-au8_zdiMD-ZjMgYSSE-TdeE1UIk/edit?gid=0#gid=0

Sommaire des articles citant Centipède-RTK

Dabove, P., Bagheri, M. (2024). Enhancing Atmospheric Monitoring Capabilities: A Comparison of Low- and High-Cost GNSS Networks for Tropospheric Estimations. *Remote Sens.*, 16, 2223. <https://doi.org/10.3390/rs16122223>

Dupont A. (2021). Centipède : un réseau RTK fiable et disponible gratuitement sur la Somme. Rapport de la chambre d'agriculture de la Somme.

Gras, J.-P., Moinard, S., Valloo, Y., Girardot, R., Tisseyre, B. (2024). Mapping grape production parameters with low-cost vehicle tracking devices. *Precision Agriculture*. 1-18. 10.1007/s11119-024-10125-0.

Jaud, M., Bertin, S., Beauverger, M., Augereau, E., Delacourt, C. (2020). RTK GNSS-Assisted Terrestrial SfM Photogrammetry without GCP: Application to Coastal Morphodynamics Monitoring. *Remote Sens.* 12, 1889. <https://doi.org/10.3390/rs12111889>

Moinard, S. (2023), A Low-Cost Gns Rtk Based Acquisition Chain for Collaborative Collection and Sharing of Spatialized Manual Observations. Available at SSRN: <https://ssrn.com/abstract=4400815> or <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.4400815>

Perrin, C., Sira, C., Métois, M. (2023). Mobilisation de la communauté Epos-France suite au séisme de la Laigne. *Lettre d'information Epos-France*, 1, pp.13-14. <hal-04560780>

Letortu, P. (2023). L'érosion des falaises au sein des aléas côtiers : suivi, compréhension et partage. <hal-tel-04230578, version 1>

Vandôme, P., Moinard, S., Brunel, G., Tisseyre, B., Leauthaud, C., Belaud, G. (2023). A low cost sensor to improve surface irrigation management. 337-343. 10.3920/978-90-8686-947-3_41.

Cette étude de cas a été réalisée par les départements de recherche **ACT et ECODIV** selon la méthode ASIRPA (Analyse de l'impact sociétal de la recherche), mise au point par INRAE.

Pour en savoir plus sur la méthode : <https://www6.inrae.fr/asirpa/>

Auteurs principaux : Julien Ancelin, Valérie Molinero-Demilly, Wilfried Heintz, Pierre-Benoit Joly

Photo de couverture : crédit Christophe Maitre, INRAE

Ce document est sous licence Creative Commons BY NC SA : Attribution – Utilisation non commerciale - Partage dans les Mêmes Conditions.



> Pour citer ce document : Ancelin, J., Molinero-Demilly, V., Heintz, W., Joly, P. B., Real Time Kinetic collaboratif, ouvert et open source, Rapport ASIRPA, 2026, INRAE, 32 pages.

hal-05625717v1

> Contact : asirpa@inrae.fr