

**Subvention accordée par la Région wallonne
dans le cadre d'un programme de recherche
d'intérêt général**

*ICOS WB : Projet Integrated Carbon Observing System
(ICOS) :*

*Mesure de la concentration dans l'atmosphère de gaz à
effet de serre (GES)*

ICOS-WB

Rapport final

période du 01-01-2013 au 30-06-2021

Numéro de convention

1217769

Table des matières

I.	Introduction	3
II.	ICOS-RI.....	4
III.	ICOS-WB	6
III.1.	Structure du consortium et WPs.....	6
III.2.	Nature du personnel et transversalité	8
III.3.	Délivrables	9
III.3.1.	Labellisation des stations.....	9
III.3.2.	Contribution à la structuration du réseau.....	13
III.3.3.	Dissémination des données.....	13
III.3.4.	Autres projets développés sur les stations et connexion à d'autres infrastructures	14
III.3.5.	Exploitation scientifique des données	14
III.4.	Utilisation du budget	15
III.5.	Perspectives.....	15
IV.	Annexes	16
IV.1.	Annexe 1 : Accord de coopération	16
IV.2.	Annexe 2 : ICOS Belgium Consortium Mission Statement	27
IV.3.	Annexe 3 : Rapport de labellisation de la station de Lonzée.....	34
IV.4.	Annexe 4 : National Network Agreement	53
IV.5.	Annexe 5 : Rapport de labellisation de la station de Vielsalm	58
IV.6.	Annexe 6 : Rapport du Step 1 du processus de labellisation de la station de Dorinne	86
IV.7.	Annexe 7 : Liste des projets impliquant les stations ICOS-WB.....	89
IV.8.	Annexe 8 : Liste des publications et thèses de doctorat	91

I. Introduction

Le projet ICOS-WB1 (Integrated Carbon Observation System Wallonie-Bruxelles), commencé en janvier 2013, s'est terminé en juin 2021, après une période d'activité de 8 ans et une prolongation de 6 mois. A cette première phase suit la phase 2 du projet, dont la durée prévue est de 5 ans (juillet 2021- juillet 2026, ICOS-WB2).

Le présent document constitue le rapport final de la phase 1, et vise à donner une vue d'ensemble des objectifs, des développements ainsi que des résultats obtenus sur toute la durée du projet.

La première section est dédiée à une courte présentation de l'historique et de l'état actuel de ICOS-RI, cadre international dans lequel ICOS-WB s'inscrit. Suit une partie sur la structure du consortium et des « work packages », autour desquels le travail a été organisé. Ensuite, la transversalité de l'équipe et le partage de compétences entre membres du consortium, particularité de ICOS-WB, sont mises en avant. Pour finir, l'attention est portée sur un résumé des résultats acquis et des produits générés, tels que la labellisation des sites, la production de données de haute qualité et en accès libre et la participation active au sein du réseau international.

L'objectif étant de passer en revue les éléments principaux du projet, le corps du rapport se veut concis et synthétique. Des informations supplémentaires peuvent être retrouvées en Annexe ou dans les rapports administratifs, scientifiques et techniques semestriels ou annuels qui couvrent la période 2013-2021.

II. ICOS-RI

ICOS (Integrated Carbon Observation System, <https://www.icos-cp.eu/>) est un réseau d'infrastructure de recherche (RI) européen sur les gaz à effet de serre (GES). Sa mission est de produire des données standardisées, de haute-précision, accessibles à tous et sur le long-terme afin d'améliorer la compréhension du système Terre pour pouvoir faire face aux enjeux environnementaux actuels, particulièrement le changement climatique.

ICOS-RI (Research Infrastructure) est née en 2006 de la volonté de la communauté scientifique européenne et des réseaux nationaux de recherche d'harmoniser les observations liées au cycle du carbone. Depuis le démarrage du projet régional ICOS-WB en 2013, ICOS a obtenu en 2015 le statut légal de ERIC (European Research Infrastructure Consortium) et a obtenu le label ESFRI (European Strategy Forum on Research Infrastructures) Landmark en 2016 (dans la ESFRI Roadmap 2016), ce qui le positionne parmi les infrastructures européennes d'excellence pour la recherche et l'innovation (Figure 1).

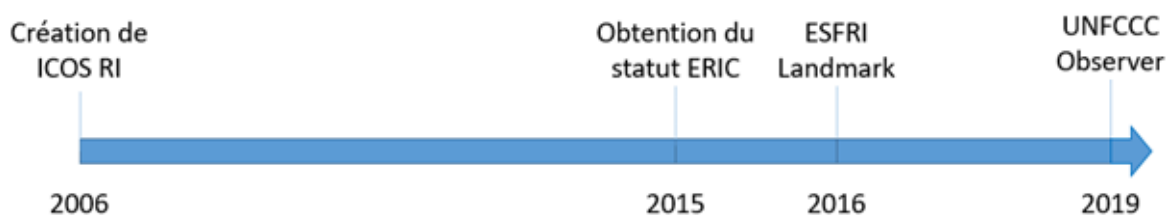


Figure 1: Historique du développement d'ICOS.

ICOS relie recherche, éducation et innovation, et vise donc à développer des outils scientifiques de soutien aux décideurs politiques pour développer des stratégies d'atténuation des changements climatiques. En particulier, ICOS joue un rôle actif dans l'accomplissement d'objectifs internationaux tels que les Sustainable Development Goals (SDGs) des Nations Unies et les résolutions de l'accord de Paris sur le climat, portées en avant par l'UNFCCC (United Nations Framework Convention on Climate Change), dont ICOS-RI est « Observer » depuis décembre 2019.

Le statut ICOS prévoit que ICOS RI soit évalué tous les 5 ans. En 2019, à la fin du premier cycle d'implémentation et sur demande de l'Assemblée Générale, un comité d'experts externes a été créé afin de porter en avant ce processus d'évaluation. Les résultats, extrêmement positifs et encourageants, ont été publiés dans le « ICOS Evaluation 2020 Report » en juin 2021 (<https://www.icos-cp.eu/sites/default/files/2021-05/ICOS%20Evaluation%202020%20Report%20online%20low.pdf>). L'évaluation était structurée autour de cinq catégories principales, chacune évaluée en fonction d'un set de critères et de leur KPIs (Key Performance Indicators) : gestion, gestion financière, engagement interne d'ICOS et intégration, données ICOS et attentes des utilisateurs, coopération internationale. En résumé, il en ressort que ICOS a finalisé sa phase d'implémentation avec beaucoup de succès, se positionnant en tant que « puissance globale dans le domaine des GES et du changement climatique grâce à un engagement fort auprès de toutes les organisations mondiales principales influençant l'élaboration des politiques internationales ».

En 2021, le réseau ICOS comprend plus de 140 stations de mesure réparties sur 13 pays européens, avec une communauté de plus de 500 chercheurs et 80 instituts de recherche et universités. A la base des opérations se trouvent les stations des trois domaines : atmosphère, écosystème et océan. Les Centres Thématiques coordonnent les observations et offrent un support technique aux stations. Toutes les opérations sont coordonnées par ICOS-ERIC, dont font partie le Head Office et le Carbon Portal, base de données qui centralise et partage toutes les données ICOS (Figure 2 et ICOS-RI handbook sur <https://www.icos-cp.eu/sites/default/files/cmis/ICOS%20Handbook%202020.pdf>).

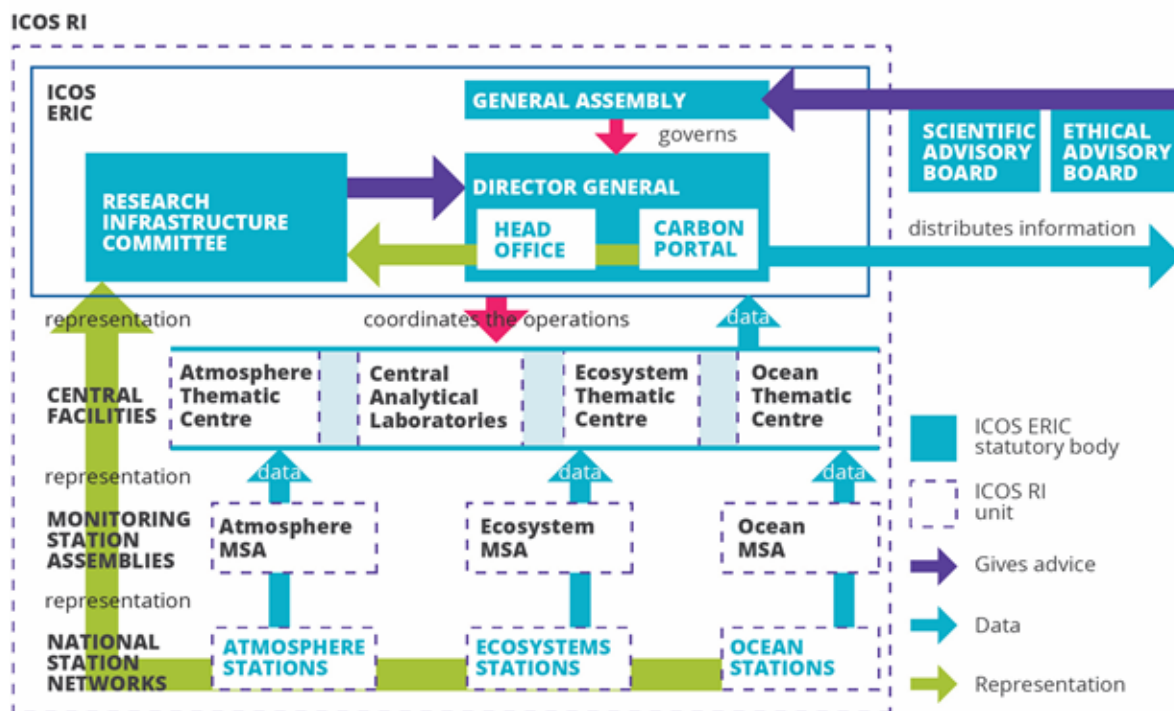


Figure 2: Structure de ICOS-RI.

Les stations font l'objet d'un processus de labellisation très strict en deux étapes garantissant la très haute qualité et stabilité des données et leur standardisation. Toutes les données générées sont publiques, et adhèrent aux principes de FAIR (Findable, Accessible, Interoperable, Reusable) Data.

Une station écosystème, cœur du réseau ICOS-WB, est typiquement composée d'une tour, plus ou moins haute en fonction de la végétation sous-jacente, sur laquelle sont installés de nombreux capteurs qui mesurent les flux de GES échangés entre l'écosystème et l'atmosphère, ainsi que les composantes biotiques et abiotiques influençant ces échanges. Les instruments et les protocoles de mesure sont imposés par ICOS, ce qui assure la standardisation des installations et donc des données.

Le réseau belge se compose aujourd'hui de dix stations de surveillance réparties dans les trois domaines d'activité, dont six ont déjà obtenu la labellisation (<https://icos-belgium.be/>). De plus, l'Université d'Anvers accueille une part du Centre Thématique Écosystèmes (ETC), le tout positionnant la Belgique comme un acteur important dans ICOS.

III. ICOS-WB

III.1. Structure du consortium et WPs

La réalisation du projet ICOS-WB nécessite la mise en œuvre de nombreuses compétences pointues et très différentes : connaissance des cycles biogéochimiques dans les écosystèmes, micro-météorologie, suivi d'itinéraires techniques agricoles et forestiers, inventaires biométriques en grandes cultures et en forêts, électronique et métrologie environnementale.

Seul un groupe pluridisciplinaire pouvait répondre à de telles exigences. Le consortium pour la phase 1 était composé des unités de recherche suivantes :

- **l'axe de recherche Biosystems Dynamics and Exchanges** faisant partie de **l'unité TERRA de l'Université de Liège (BioDynE)** s'intéresse à l'influence des facteurs environnementaux sur le comportement des composantes des biosystèmes, en interaction avec les stress biotiques et abiotiques dans un contexte de changements climatiques. Ses membres impliqués dans ICOS sont spécialisés dans la mesure des échanges écosystèmes-atmosphère au moyen de la technique de covariance de turbulences, pierre angulaire de la partie ICOS-Ecosystèmes. L'axe possède une expérience de plus de vingt ans dans le suivi des stations terrestres de tours à flux (Vielsalm, Lonzée, Dorinne) et a notamment participé aux réseaux *CarboEurope* et *Fluxnet*. L'équipe est considérée comme une référence internationale dans le domaine de la méthodologie de la mesure des flux. BioDynE coordonne le projet et est responsable de la station de Dorinne.
- le **laboratoire de Phytotechnie Tempérée (LPT)** faisant partie de **l'axe de recherche Plant Sciences de l'ULiège-Gembloux Agro-Bio Tech**. Le LPT a acquis une solide expertise dans le domaine de l'analyse des interactions plantes-sol-atmosphère, de la modélisation sol-culture, de l'analyse des systèmes de culture, de la déconvolution des interactions GEM (Genotype x Environment x Management) et de la construction de systèmes d'aide à la décision. Les recherches développées portent sur l'amélioration de la durabilité et de la résilience des agro-écosystèmes, dans le contexte plus large du changement climatique, dans le but de maintenir la production végétale tout en optimisant les cycles de l'eau, du carbone et de l'azote, y incluant les émissions de gaz à effet de serre. Le LPT possède toute l'expertise sur la mise au point et l'implémentation de protocoles suivi de biomasse sur cultures et sur prairies. Il est responsable de la station de Lonzée.
- le domaine d'intérêt principal du **Groupe Sciences Forestières, Pôle Sciences de l'environnement de l'Université catholique de Louvain (GSF)** est de comprendre la réactivité des écosystèmes forestiers, des peuplements et des arbres aux ressources (carbone, nutriments, eau) et/ou aux contrôleurs (lumière, eau) en plaçant l'accent particulier sur l'évaluation à long terme de la fertilité à l'échelle de l'écosystème, sur l'analyse des flux et les bilans et cycle de l'eau, du carbone et des nutriments. L'équipe dispose en particulier d'un hall technique pour le stockage et la manipulation de grandes quantités de sols et de biomasse (stockage, tri, nettoyage, réduction, sous-échantillonnage) et fait partie de la plateforme MOCA (*Mineral & Organic Chemical Analysis*). Le GSF est responsable de la station de Vielsalm.
- **l'ISSeP (Institut Scientifique de Service Public)** exerce des activités scientifiques et techniques dans le domaine de la métrologie environnementale et est également reconnu en tant que laboratoire de référence en matière d'eau, d'air et de déchet par arrêtés du Gouvernement wallon. Parmi ses nombreux domaines d'activité, il effectue une surveillance de l'environnement, impliquant une cellule « Qualité de l'air » et une cellule « Emissions atmosphériques ». L'institut est, entre autres, pourvu d'une direction de la qualité intégrée, disposant d'un laboratoire de métrologie.

- le **Département Agriculture et Milieu naturel du CRA-W** axe ses recherches sur la durabilité de l'agriculture, l'adaptabilité des agro-systèmes aux changements globaux, la préservation des ressources naturelles et de l'environnement et l'adéquation des modes de production avec les attentes de la société. Il a une longue expérience dans la conduite d'essais agricoles à long terme et dans le domaine du prélèvement et du traitement de la biomasse agricole. Il possède par ailleurs de nombreuses machines agricoles et infrastructures de récolte.
- le **Laboratoire d'Ecologie végétale et microbienne de l'Université de Liège (LVEM)** étudie la présence (diversité microbienne moléculaire) et les fonctions (activités microbiennes : transformation de substances) des organismes isolés ou en interaction avec leur milieu (écosystème), dans un environnement naturel ou modifié par l'homme. Les thématiques de recherche sont centrées sur l'étude du rôle des activités microbiennes dans les cycles biogéochimiques, en particulier les cycles du carbone et de l'azote en milieu terrestre, la qualité des sols et les flux biogéochimiques dans les écosystèmes terrestres.

La conjonction de cette large palette de compétences complémentaires est unique en Wallonie et constitue une des richesses du projet ICOS-WB.

Les membres du consortium sont liés par un accord de coopération (Annexe 1 au IV.1) qui vise à préciser les tâches à réaliser par chacune des parties, l'utilisation des équipements par les parties, les modalités de rapports communs à faire, le régime des droits sur les résultats qui naîtront de leur collaboration, le régime de confidentialité applicable aux échanges d'informations à intervenir entre elles dans ce cadre, leurs responsabilités respectives ainsi que le rôle spécifique du promoteur.

Les tâches à réaliser par chacun sont définies selon une structure propre au projet ICOS-WB (Tableau 1).

Tableau 1: Structure en tâches du projet ICOS-WB.

Numéro de la Tâche	Intitulé	Acronyme du participant responsable
T1	Mise à niveau des observatoires terrestres (OT) (flux, micro-météorologie)	BIODYNE
T2	Suivi technique des mesures de flux turbulents et des variables micro-météorologiques aux OT	BIODYNE
T3	Traitement des données de flux turbulents et micro-météorologiques des OT	BIODYNE
T4	Prélèvements et traitement des échantillons de biomasse sur les OT	GSF
T5	Traitement des données biométriques des OT	LPT
T6	Coordination des OT	LPT, LEVM, GSF
T7	Communication et formation	Tous
T8	Coordination générale du projet	BIODYNE

Une fois par an, un **comité utilisateur** se réunit pour évaluer les résultats du projet ICOS-WB. Ce comité a également comme responsabilités l'approbation des rapports avant leur envoi au service public de Wallonie, toute décision quant à la diffusion et/ou la valorisation des résultats, toute décision quant à l'adjonction d'expériences complémentaires sur les sites et toute recommandation d'évolutions ou de réorientations du contenu technique et/ou scientifique du projet. Font partie de ce comité des représentants des unités de recherche et des universités constituant le consortium ICOS-WB, des représentants du SPW, de l'IRM, de l'AWAC, du point focal belge pour ICOS (voir ci-dessous) et du réseau ICOS-France.

Les membres du projet ICOS-WB font également partie d'un consortium plus large, le Consortium ICOS Belgium, qui regroupe toutes les équipes de recherche belges qui travaillent sur des stations ICOS, qu'elles soient terrestres, océaniques ou atmosphériques. Un document « **ICOS Belgium Consortium Mission Statement** » (Annexe 2, IV.2) a été établi pour définir les objectifs communs de ce consortium et pour préciser les rôles et responsabilités de chacun de ses partenaires. Ce document n'est pas un contrat légal, mais une déclaration d'intention exprimant le souhait des partenaires du Consortium ICOS-BE de collaborer et de consolider leur partenariat dans le cadre de l'Infrastructure de Recherche ICOS (ICOS RI). Les objectifs du consortium sont les suivants :

- SCIENCE ET RECHERCHE : attirer l'attention sur les données de haute qualité d'ICOS, promouvoir l'adoption et l'utilisation des données/produits/services de données ICOS parmi les chercheurs belges de différentes disciplines, recueillir les commentaires et les réactions des fournisseurs et des utilisateurs ...
- COLLABORATION ET CONSOLIDATION : identifier de nouvelles possibilités de collaboration, partager l'expertise entre les partenaires, soulever de nouvelles questions de recherche et applications, promouvoir les normes pertinentes au niveau international, chercher à étendre le champ d'application d'ICOS ...
- SENSIBILISATION : accroître la visibilité d'ICOS BE par la présence et la participation active des partenaires aux forums internationaux et leur engagement dans les initiatives mondiales d'ICOS et de recherche sur le climat ; développer des cas d'utilisation et des démonstrations, diffuser les connaissances, promouvoir le Consortium ICOS BE.

L'« ICOS Belgium Consortium Mission Statement » précise également les rôles et responsabilités du **Focal Point National ICOS Belgium** qui est le point de liaison et de communication entre le consortium ICOS BE et les agences de financement, les scientifiques et autres parties prenantes belges, ainsi qu'entre le consortium ICOS BE et ICOS ERIC. Le Focal Point est dirigé par le Prof. Dr. Ivan Janssens de l'Université d'Anvers (UAntwerp), qui a pris le relais du Prof. Dr. Reinhart Ceulemans, de la même institution et admis à la retraite en cours de projet.

III.2. Nature du personnel et transversalité

Afin d'optimiser l'utilisation de l'expertise humaine, le personnel ICOS-WB a été constitué de façon à travailler de manière transversale sur les 3 stations. En effet, une première équipe (techniciens et ingénieurs) travaille sur le suivi technique et le traitement des mesures de flux turbulents et des variables micro-météorologiques sur les trois stations, tandis qu'une seconde équipe (techniciens et ingénieurs) travaille sur le prélèvement et le traitement des échantillons de végétation et de sol ainsi que sur le traitement des données sur les trois stations, ces deux catégories de tâches représentant le cœur du projet ICOS-WB. Ce type de fonctionnement, qui nous est envié par les pays voisins

participant également au projet ICOS, est rendu possible par la petite taille de notre territoire et la nature du consortium.

Lors des quatre dernières années (2^{ème} moitié de la convention), le nombre d'équivalents temps plein était en moyenne de 5,43 (50% statut ingénieur et 50% statut technicien) ce qui représente 1,81 ETP par station. Nous sommes donc parfaitement en ligne avec le niveau moyen de personnel de 1,8 ETP préconisé par ICOS-RI pour une station écosystème labellisée de classe 2 comme le seront sous peu nos trois stations.

III.3. Délivrables

Les objectifs généraux de cette première phase du projet, d'une durée de 8 ans, étaient de faire accéder et de maintenir dans l'infrastructure européenne ICOS trois stations situées en FWB, de fournir des accès et des services pour leurs données et leurs produits, pour in fine fournir des bilans de CO₂ en soutien aux décisions politiques. Les livrables présentés ci-dessous respectent les objectifs initiaux et l'esprit de la convention, mais sont une version actualisée de ceux présents dans la convention, plus en phase avec la terminologie et la structuration que ICOS-RI a mis en place en cours de projet.

III.3.1. Labellisation des stations

La labellisation d'une station est un processus qui a été mis en place par ICOS en cours de projet. Il se présente en 2 étapes (Figure 3) contrôlées par l'ETC, avant validation par l'assemblée générale. L'ensemble du processus aboutit à la signature d'un document légal, le "National Network Agreement", qui marque le début de la publication des données de la station sur la base de données ICOS (Carbon Portal). Le processus comprend une évaluation de la qualité et pertinence du site au sein du réseau (Step 1), suivie d'une période de plusieurs mois de fonctionnement en routine au niveau des exigences ICOS (Step 2).

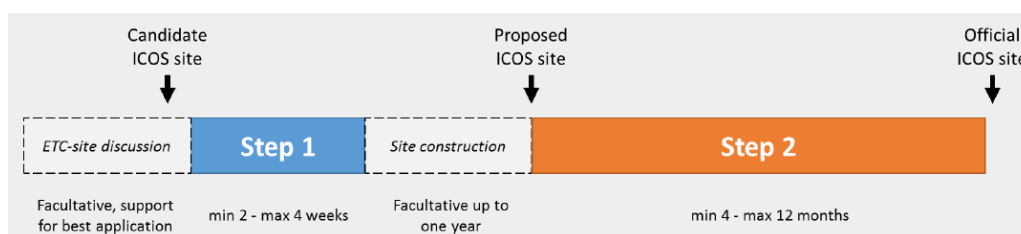


Figure 3: Time-line du processus de labellisation d'une station.

La route vers l'obtention de la labellisation d'une station implique la réalisation des livrables des tâches 1 à 5 de la subvention initiale ICOS-WB. Par souci de concision, les nombreux aspects techniques associés ne seront pas développés ici, mais ces tâches constituent le socle du projet et justifient une très grande part des moyens humains et techniques engagés. Pour plus de détails techniques, ainsi que pour des photos et illustrations graphiques de nos stations, les rapports de labellisation produits par l'ETC et soumis à l'assemblée générale sont proposés en annexe.

III.3.1.a. Lonzée

La station de Lonzée est établie sur une parcelle de grande culture et a obtenu le label ICOS en novembre 2017. Elle faisait partie des trois premières stations labellisées pour la composante écosystème (sur environ 80 stations candidates).

Son rapport de labellisation est disponible en Annexe 3 (IV.3), et le National Network Agreement en Annexe 4 (IV.4).

Un outil de visualisation en ligne des données très récemment acquises a été développé par l'équipe ICOS-WB et est disponible sur le lien <https://www.icos-belgium.be/ESLonzeeData.php>. Il vient compléter les outils de visualisation actuellement en cours de développement sur la base de données centrale ICOS ([liens "preview"](#)).



Figure 4: La station de Lonzée en 2018.

III.3.1.b. Vielsalm

La station de Vielsalm est établie sur une parcelle de forêt mature et a obtenu le label ICOS en novembre 2020. Il est à noter qu'une station forestière nécessite une infrastructure de base plus lourde qu'une station agricole (tour de mesure vs mât), ce qui complique certaines réalisations techniques.

Son rapport de labellisation est disponible en Annexe 5 (IV.5). Le National Network Agreement est identique à celui de Loncée (Annexe 4, IV.4).



Figure 5 : Vue de la plateforme de mesure sur la tour de Vielsalm, à 52 m de haut. Les capteurs principaux ICOS (à l'exception d'une station de secours installée dans une clairière avoisinante et de capteurs de sol) sont installés ici. Les systèmes électroniques d'acquisition sont regroupés dans un local technique au pied de la tour.

III.3.1.c. Jalhay - La Robinette

En début de phase 1 du projet, et en l'absence de critères clairement établis sur les exigences ICOS, le 3^{ème} site candidat était la jeune plantation forestière de La Robinette-Jalhay. Elle présentait le défi technique de ne pas être reliée au réseau électrique et la particularité d'être composée d'un mélange d'espèces, ce qui la rendait attractive d'un point de vue de l'étude du fonctionnement de l'écosystème, mais plus difficile à gérer d'un point de vue technique et d'analyse des données.

La station a été démarrée dans l'étape 1 du processus de labellisation en 2018. Cela a permis une analyse de risque approfondie à la lumière des nouvelles exigences de l'ETC et le constat a été fait que, en raison de ses particularités mentionnées plus haut, les risques d'échec dans le processus de labellisation pour la station étaient trop importants par rapport à l'investissement requis (nécessité d'être relié au réseau électrique). Un accident majeur avait également eu lieu quelques mois auparavant, lors de la mise à niveau du système d'alimentation électrique, avec un incendie accidentel qui avait détruit tous les composants de ce système.

La décision a alors été prise, en assemblée générale et accord avec le SPW, de remplacer cette station candidate par celle de Dorinne sur laquelle ont été relocalisés les instruments et le personnel.

III.3.1.d. Dorinne

La station de Dorinne est établie sur une prairie pâturée. Sa mise au point a commencé en 2018 et l'étape 1 du processus de labellisation a été franchie avec succès (Annexe 6, IV.6) en avril 2019. La station est actuellement engagée dans l'étape 2 du processus de labellisation. La labellisation de la station est prévue pour la fin de l'année 2021.



Figure 6 : Vue de la station candidate ICOS de Dorinne en juin 2021.

III.3.2. Contribution à la structuration du réseau

Les huit années de projet ICOS-WB phase 1 se sont déroulées en parallèle de la finalisation de la construction de l'ESFRI ICOS. Le processus de construction était bidirectionnel entre les stations et les organes centraux. L'équipe ICOS-WB a ainsi participé activement à la construction du réseau au travers d'échanges quasi quotidiens.

Une contribution plus visible est la participation à la rédaction de protocoles établis par la communauté ICOS dans le contexte de groupes de travail ICOS Ecosystem. Ces 14 protocoles, publiés en 2018, ont ensuite servi de base à la rédaction de "documents d'instructions", les marches à suivre régissant le fonctionnement des stations. Un membre du consortium ICOS-WB a ainsi coordonné la rédaction du protocole sur l'analyseur de gaz utilisé pour la mesure des échanges gazeux, un élément central dans l'infrastructure. Des membres du consortium sont également co-auteurs dans 5 autres protocoles (Annexe 8 au point IV.8 et lien <http://www.international-agrophysics.org/Issue-4-2018,7048>). Ces 6 protocoles ont été consultés 1088 fois et téléchargés 597 fois depuis juin 2020 (données de la plateforme institutionnelle ORBI de ULiège).

Depuis 2015, l'équipe de ICOS-WB participe également systématiquement à la "Monitoring Station Assembly", l'assemblée semestrielle des responsables de stations (Figure 2), afin de discuter des nombreux aspects de la partie ICOS-écosystèmes du réseau. L'équipe collabore également au Consortium Study Day, l'assemblée annuelle des stations ICOS belges, et participe aux « journées techniques », rencontres spécifiquement conçues pour permettre le partage de connaissances techniques entre les différentes équipes du réseau.

III.3.3. Dissémination des données

Les données de nos sites labellisés ICOS (soit Lonzée depuis novembre 2017 et Vielsalm depuis novembre 2020) alimentent instantanément le portail web ICOS dédié à leur dissémination, le « Carbon Portal ». Sur cette plateforme, chaque set de données possède un DOI (Digital Object Identifier) qui lui permet d'être identifié aisément et le lie à une série de données complémentaires, les « Metadata » (couverture temporelle des données, date d'émission, auteurs du dataset, statistiques d'utilisation, etc...). Actuellement, seules les données traitées de Lonzée sont accessibles (et Vielsalm dans un avenir proche), avec déjà 330 téléchargements. Ces datasets sont sous la licence [Creative Commons Attribution 4.0 International licence](#) (CC BY 4.0), et ils sont mis à disposition dans le respect du principe de FAIR Data.

Les publications reposant sur nos sets de données sont donc maintenant traçables, par exemple via le site <https://commons.datacite.org/doi.org?query=>, en utilisant le préfixe 10.18160.

Les données "historiques" (au sens pré-ICOS) issues de nos sites alimentent une base de données européenne et une mondiale, respectivement la « European Fluxes Database Cluster » (EFDC, <http://www.europe-fluxdata.eu/>) et la « FLUXNET database » (<https://fluxnet.org/data/>). Ces données sont téléchargées par un très grand nombre de scientifiques dans le monde et utilisées pour de nombreuses publications scientifiques, sous la réglementation d'une politique de partage de données. Par exemple, sur la seule année 2020, 636 et 628 demandes de données ont été faites respectivement pour les sites de Lonzée et Vielsalm, représentant 507 et 508 scientifiques. Le traçage des publications qui en sont issues est plus difficile car les membres du consortium ICOS-WB a toujours opté pour une politique de partage très ouverte, les auteurs n'étant ainsi pas obligés de prévenir les producteurs de données de la publication d'un article.

III.3.4. Autres projets développés sur les stations et connexion à d'autres infrastructures

Outre les projets scientifiques directement menés par les responsables de station et leurs collègues directs, les stations wallonnes ont été intégrées ou sont impliquées dans des réseaux comme BELAIR (programme fédéral d'observation de la Terre), NEC (directive européenne sur l'impact de la pollution atmosphérique sur les écosystèmes), ACTRIS (réseau d'infrastructure européen pour les aérosols, les nuages et les gaz trace), ANAEE (réseau d'infrastructure européen d'analyse et expérimentation sur les écosystèmes), LTER (réseau européen de suivi écologique long-terme), LPTV (validation de produits satellitaires), WMO (World Meteorological Organisation). Une liste commentée de tous les projets en lien avec nos stations est proposée en Annexe 7 (IV.7).

III.3.5. Exploitation scientifique des données

Les données de nos stations, obtenues pendant le projet ICOS-WB1 ont abouti à la publication de 35 articles (Annexe 8, IV.8) dans des revues à comité de lecture et facteur d'impact avec présence d'au moins un membre du consortium dans la liste des auteurs (21 articles en 1^{er}/dernier auteur et 16 en auteur par ordre alphabétique). Sur cette même durée, 8 thèses de doctorat ont été défendues et 5 sont en cours (Annexe 8, IV.8). Comme mentionné dans la section « Dissémination des données », de très nombreux autres scientifiques utilisent nos données, mais le traçage systématique des publications qui en sont issues étant à ce stade difficile, il a été choisi de ne pas produire ici de statistiques.

Un exemple emblématique de l'utilité du réseau de tours à flux pour apporter rapidement un éclairage sur les réponses des écosystèmes à des événements climatiques majeurs à l'échelle du continent est la publication en 2020 d'une issue spéciale dans la revue scientifique « Philosophical Transactions of the Royal Society » (<https://royalsocietypublishing.org/toc/rstb/2020/375/1810>). Cette publication est issue d'un groupe de travail créé en 2018 et composé de 200 scientifiques impliqués dans ICOS, suite à la sécheresse qui a touché les parties septentrionales de l'Europe de l'Ouest, l'Europe Centrale et l'Europe du Nord. Le consortium ICOS-WB est impliqué dans deux des 17 articles de cette issue spéciale (1^{er} auteur et co-auteurs). Deux initiatives similaires sont en cours sur les conséquences de l'hiver 2019-2020, qui a été très clément, et sur le suivi et la modification du bilan carbone des agrosystèmes.

En termes de conférences scientifiques, et au-delà de la diffusion de nos résultats dans les conférences classiques, deux conférences ICOS-BE ont été organisées, en 2017 et 2019, avec l'aide des membres du consortium ICOS-WB (la conférence de 2017 étant même hébergée à l'Université de Liège). Elles ont réuni une septantaine de scientifiques du pays, avec des intervenants et une audience débordant la communauté ICOS proprement dite. De plus, depuis 2014, des « ICOS Open Science Conference » sont organisées tous les deux ans, avec pour but de rassembler des scientifiques et les décideurs du monde entier, afin de discuter des gaz à effet de serre et des cycles biogéochimiques. Leur programme et les résumés des présentations sont disponibles sur le lien <https://www.icos-cp.eu/news-and-events/science-conference>. Les membres du consortium y participent activement.

III.4. Utilisation du budget

Le budget a été dépensé selon les règles définies dans la subvention. La rubrique « personnel » a été utilisée pour engager des ingénieurs et des techniciens afin de pouvoir réaliser toutes les tâches du projet ICOS-WB1. La ventilation de personnel entre les fonctions et partenaires est bien adaptée à la configuration du réseau wallon.

Le budget équipement a été dépensé pour acheter les capteurs et autres instruments de mesures permettant de mettre les trois stations wallonnes en conformité vis-à-vis des instructions ICOS. Enfin, la rubrique « fonctionnement » a permis de couvrir les activités de suivi de végétation, les calibrations systématiques des instruments, les frais de maintien d'infrastructure et de consommables, les dédommagements aux propriétaires des terrains, les déplacements sur site et les activités de réseautage et de promotion du projet.

Il n'y a pas eu de transfert de budget entre partenaires et seulement 5% du budget a été transféré entre rubriques d'un même partenaire, ce qui met en évidence la bonne constitution du budget initial malgré les inconnues qui existaient à l'époque sur certaines exigences techniques à imposer par le réseau.

III.5. Perspectives

La phase 1 a vu la montée en puissance d'ICOS-RI en tant qu'infrastructure de recherche européenne, qui a maintenant bouclé sa phase d'implémentation. ICOS-WB1 a accompagné cette évolution vers la maturité et s'achève avec la labellisation de deux stations de mesure sur les trois prévues, la troisième devant l'être prochainement.

Le financement de ICOS-WB2 est assuré pour les cinq années à venir (07/2021-06/2026) par le SPW, Agriculture, Ressources Naturelles et Environnement. Les objectifs de cette deuxième phase sont

- de maintenir les trois stations wallonnes dans ICOS-RI, en assurant leur fonctionnement en routine. L'essence même du projet ICOS est un suivi continu, long-terme et standardisé des échanges de GES par les écosystèmes, nécessaire pour étudier des tendances pluri-annuelles/décennales, perturbées par des événements extrêmes (e.g. sécheresses exceptionnelles).
- d'assurer une veille technologique pour les stations, permettant de les adapter aux évolutions technologiques inévitables tout en assurant la continuité avec les données déjà acquises.
- d'optimiser l'utilisation des données par la communauté scientifique. Les données produites sont maintenant très bien documentées, très visibles et faciles d'accès au travers du « Carbon Portal ». Leur utilisation devrait croître de manière significative dans les prochaines années.
- de poursuivre et renforcer l'intégration des stations wallonnes au sein des réseaux de recherche belges, européens et mondiaux.
- de poursuivre et renforcer l'aspect plateformes des stations en y accueillant des projets scientifiques ayant leur propre ligne de financement.
- de poursuivre et renforcer l'aide à la décision politique dans le domaine des changements climatiques et de certains risques environnementaux associés, par l'exploitation scientifique directe des données des stations et, de manière plus large, par le maintien d'une expertise scientifique wallonne dans le domaine.