

Étude d'impact socio-économique en Région wallonne de l'implantation du Télescope Einstein en Euregio

Juin 2019

Auteurs :

A. Boerboom, Chargée d'études, CIDE-SOCRAN

M. Mottet, Chargée d'études, CIDE-SOCRAN

N. Schils, Chargé d'études, CIDE-SOCRAN

D. Van Caillie, Professeur ordinaire, HEC ULIEGE

M. Anand, Assistante de recherche, HEC ULIEGE

Cide-Socran asbl

Parking Saint-Denis (7^{ème} étage) | Rue Lambert Lombard, 3 | 4000 Liège

T : +32 4 220 56 00 | F : +32 4 220 56 09 | www.cide-socran.be



Table des matières

Table des matières	2
1. Préambule.....	4
2. Méthodologie	5
3. Projet de Télescope Einstein.....	7
3.1. Contexte du projet	7
3.2. Télescope Einstein (ET)	8
3.2.1. Localisation du Télescope Einstein	8
3.2.2. Étapes du projet.....	8
3.2.3. ET - Infrastructure et technologies	10
3.2.4. Délais du projet	11
3.2.5. Budget du projet.....	12
4. Triangulation par les experts	13
4.1. Segmentation par phase.....	15
4.1.1. Phase de préparation et de conception	15
4.1.2. Phase de construction.....	15
4.1.3. Phase d'exploitation et de maintenance	15
4.2. Évaluation des retombées positives du projet	16
4.3. Externalités et difficultés/obstacles à franchir	17
5. Triangulation microéconomique	19
5.1. Segmentation par phase.....	19
5.1.1. Phase de préparation et de conception	19
5.1.2. Phase de construction.....	20
5.1.3. Phase d'exploitation et de maintenance	20
5.2. Ressources matérielles et financières.....	21
5.3. Emploi et métiers en pénurie.....	21
5.4. Comparatif avec le projet du CERN	23
5.4.1. Chiffre d'affaires cumulé (2008-2018) en tant que fournisseurs du CERN	23
5.4.2. Retombées positives/négatives	23
5.4.3. Limitations	24
5.5. Retombées positives et localisation du ET.....	24
5.5.1. Retombées positives.....	24
5.5.2. Euregio vs Sardaigne	25
5.6. Facteurs clés de succès.....	27
6. Triangulation macroéconomique	28
6.1. Quantification du périmètre des entreprises wallonnes potentiellement impactées par le projet ET	28
6.2. Évaluation de l'impact du projet ET en termes d'emplois directs et indirects et de valeur ajoutée	29
6.2.1. Valeur ajoutée générée par le projet au cours de ses 3 phases..	29
6.2.2. Emploi direct et indirect généré par le projet.....	30
7. Conclusion	34
8. Annexes	40
8.1. Triangulation par les experts.....	40
8.1.1. Liste des experts présents au focus group du 21 mai 2019.....	40

8.1.2. Fiche de collecte des informations utilisée lors du focus group du 21 mai 2019	41
8.2. Triangulation microéconomique	42
8.2.1. Liste des entreprises et contacts pris	42
8.2.2. Guide d'entretien semi-directif	43
8.3. Triangulation macroéconomique.....	45
8.3.1. Estimation des ETP directs/indirects sur projets similaires	45
8.3.2. Retombées scientifiques : publications sur la thématique des ondes gravitationnelles	45
8.3.3. Liste des codes NACE identifiés	46

1. Préambule

La présente étude a été réalisée à la demande des Professeurs Nguyen, Collette et Loicq de l'Université de Liège en vue d'éclairer le monde politique et social wallon quant aux retombées économiques et sociétales du projet européen Télescope Einstein (ET). Ce projet est porté par les autorités européennes depuis une dizaine d'années et entre à présent dans sa phase de décision et de concrétisation ultime, notamment en termes de choix de la localisation définitive de cette infrastructure scientifique et technologique majeure amenée à jouer un rôle de premier plan dans le développement de toute l'Europe dans le champ des sciences physiques, spatiales et de la construction en grande profondeur.

Dans le cadre du développement initial de ce projet ET, une première étude socio-économique de son impact en Euregio a été réalisée par le cabinet-conseil Technopolis en septembre 2018¹. Celle étude ne considère toutefois pas explicitement le détail de l'impact de ce projet sur l'environnement économique et sociétal de la Région wallonne si la décision d'implantation de ce fleuron technologique d'envergure au cœur de l'Euregio est prise. De ce fait, le Gouvernement de la Région wallonne a requis des porteurs scientifiques du projet une étude plus détaillée de ses retombées au niveau de la Région wallonne dans sa globalité.

Cette étude a été prise en charge du 25 avril 2019 au 9 juin 2019 par Cide-Socran, et par le Centre d'Étude de la Performance des Entreprises de HEC Université de Liège en raison de leur expertise en matière d'évaluation qualitative et quantitative des retombées économiques et sociétales de projet d'investissement.

¹ Technopolis, Impact assessment of the Einstein Telescope, septembre 2018



2. Méthodologie

La présente étude d'impact socio-économique a été réalisée selon la méthodologie suivante, basée sur le principe de la triangulation d'une question de recherche :

→ A. Triangulation par les experts

Un « focus group » d'experts de différents secteurs pouvant être impliqués dans le projet a d'abord été constitué, avec pour objectif de répondre aux points suivants :

- Identification des activités/tâches à mener lors des phases d'étude, construction et mise en opération du projet ;
- Identification des partenaires « entreprises » et « recherche » impliqués dans ces différentes activités/tâches ;
- Identification des retombées positives (bénéfices) et négatives (coûts réels et d'opportunité) liées au déploiement des activités/tâches de chaque secteur impliqué.

La liste des experts présents lors du « focus group » est disponible à l'annexe 8.1.1.

→ B. Triangulation macroéconomique

Celle-ci se fonde sur l'identification, la récolte et l'analyse statistique d'indicateurs économiques pertinents en matière d'analyse d'impact économique. En l'espèce, les indicateurs suivants ont été retenus et analysés :

- La valeur ajoutée des entreprises par personne occupée (productivité du travail) ;
- Le chiffre d'affaires généré par personne occupée ;
- L'emploi direct et indirect généré par tranches d'investissements.

L'analyse a été menée au niveau des codes NACE 2 et NACE 3 au départ des données financières déposées par les entreprises wallonnes auprès de la Centrale des Bilans de la Banque Nationale de Belgique et diffusées via la plate-forme logicielle BelFirst du Bureau Van Dijk Ed Publishing.

Ces données ont été analysées, notamment pour l'estimation de l'emploi indirect généré par le projet, en recourant au protocole d'analyse LEODICA, propriété de la SPI (Liège).

→ C. Triangulation microéconomique

Sur base d'un guide d'interview spécifique, contact a été pris enfin avec 25 acteurs clés identifiés en Région wallonne afin d'obtenir un avis critique sur le projet et de valider leur intérêt dans les indications ciblées. Ces entretiens semi-directifs (questionnaire disponible à l'annexe 8.2.2) ont été réalisés auprès d'entreprises sélectionnées selon leur secteur d'activité en relation avec le projet et ce, soit parmi les entreprises ayant déjà marqué leur intérêt de participer à ce projet, soit parmi les entreprises ayant déjà participé à la conception, la construction, l'exploitation et/ou la maintenance d'infrastructure d'envergure du même type (comme le CERN²).

² Le CERN est un complexe d'accélérateurs de particules mis en opération à partir de 1957. Au travers de nombreuses évolutions et rénovations, le CERN est à l'heure actuelle l'accélérateur de particules le plus puissant du monde et s'étend sur un anneau de 27 kilomètres de circonférence souterraine, à cheval sur la frontière franco-



Responsabilités de CIDE-SOCRAN et du Centre d'Étude de la Performance des Entreprises (CEPE - ULIÈGE)

Ce rapport est le résultat d'une méthodologie rigoureuse qui nous a permis de récolter un maximum d'informations externes, subjectives et objectives, dans le délai imparti.

Il est toutefois illusoire de vouloir appréhender avec certitude l'ensemble des informations qui caractérisent l'environnement d'un projet d'une telle envergure, complexité et durée de vie. La responsabilité de CIDE-SOCRAN et du CEPE ne peut donc être en aucun cas engagée si des écarts significatifs devaient être constatés a posteriori entre les prévisions contenues dans le présent rapport et les résultats effectifs du projet obtenus à court, moyen ou long terme.

suisse. De nombreuses découvertes scientifiques y ont été réalisées. L'impact le plus connu au niveau du grand public est le développement du world wide web.



3. Projet de Télescope Einstein

3.1. Contexte du projet

Les premières ondes gravitationnelles³ ont pu être observées pour la première fois en 2015, un siècle après leur prédiction par Albert Einstein, ouvrant de nouvelles perspectives pour l'étude de la physique de notre univers.

Cette confirmation expérimentale a pu être réalisée par les détecteurs interférométriques à ondes gravitationnelles de première génération (GEO600⁴, LIGO⁵, TAMA⁶, VIRGO⁷) qui ont maintenant approché leurs sensibilités de conception et ont ainsi démontré l'efficacité du principe de fonctionnement. Les principaux détecteurs actuellement opérationnels sont les versions améliorées de la première génération (VIRGO + et eLIGO).

Les détecteurs de seconde génération, nommés détecteurs avancés (tels que Advanced LIGO⁸ et Advanced VIRGO⁹), devraient avoir une sensibilité améliorée d'un facteur dix en comparaison aux interféromètres de première génération. Ceux-ci sont basés sur des technologies actuellement disponibles, mais doivent encore être mises en œuvre à grande échelle. Cependant, la détection de signaux des détecteurs avancés est trop faible pour permettre des études astronomiques précises des sources d'ondes gravitationnelles pour compléter les observations optiques et rayons X.

Ces considérations ont amené la communauté scientifique à étudier la conception d'une troisième génération de détecteurs. L'étude de conception a été soutenue par la Commission européenne dans le cadre du septième programme-cadre (FP7-Capacities) pour développer un détecteur avec une sensibilité considérablement améliorée, offrant ainsi la possibilité de faire de l'astronomie des ondes gravitationnelles une nouvelle science de routine.

Pour atteindre cet objectif, plusieurs limitations technologiques actuelles doivent être surmontées et de nouvelles solutions devront être développées. En effet, les détecteurs actuels et avancés sont tous basés sur les mêmes technologies qui remonteront à environ 20 ans lorsque la deuxième génération sera en ligne. Les futures améliorations de la sensibilité des interféromètres existants seront limitées par des contraintes de site et d'infrastructure (en surface, longueur du bras, bruits sismiques locaux, absence d'appareil cryogénique, taille de la conduite sous vide, etc.).

³ Une onde gravitationnelle est une oscillation de la courbure de l'espace-temps qui se propage à grande distance de son point de formation sans interaction avec la matière. Prédites par Einstein en 1916, l'existence de celles-ci a longtemps été débattue avant d'être observée pour la première fois le 14 septembre 2015. Celles-ci ne peuvent être produites dans un laboratoire, mais par des événements astronomiques catastrophiques (supernovæ, etc.).

⁴ <http://www.geo600.org>

⁵ <https://www.ligo.caltech.edu>

⁶ <http://gwpo.nao.ac.jp/en/>

⁷ <http://www.virgo-gw.eu>

⁸ <https://www.advancedligo.mit.edu>

⁹ <http://public.virgo-gw.eu/>



3.2. Télescope Einstein (ET)¹⁰

Le projet du Télescope Einstein est un détecteur interférométrique à ondes gravitationnelles de 3^{ème} génération. Celui-ci devrait permettre 100 000 détections d'ondes gravitationnelles par an, soit 1 000 fois plus sensible que les interféromètres de seconde génération qui entreront en activité durant la prochaine décennie.

3.2.1. Localisation du Télescope Einstein

Actuellement, deux sites d'implantation du télescope sont encore en compétition. Le premier se situant en Euregio, le second en Sardaigne.

En Euregio, le Télescope Einstein devrait s'étendre sous le territoire du triangle Eindhoven/Louvain/Aix-la-Chapelle (ELAt), sous les frontières des trois pays (Allemagne, Belgique, Pays-Bas).



Source: Province of Limburg (2018)

Figure 1 - Localisation du Télescope Einstein en Euregio sur le triangle Eindhoven/Louvain/Aix-la-Chapelle (ELAt).

3.2.2. Étapes du projet

Le projet du Télescope Einstein s'articule sur 3 phases ou étapes :

3.2.2.1. Phase de préparation et de conception

Durant cette phase, les caractéristiques techniques du ET seront déterminées ainsi que sa localisation et sa gouvernance. Ces choix détermineront dans une large mesure les impacts ultérieurs. Ce processus dépend de nombreux facteurs dont la contribution financière des pays impliqués mais également du processus de design scientifique et technique du ET pour que celui-ci atteigne ses objectifs. À noter que les contributeurs à ces différents facteurs seront certainement les mieux positionnés pour contribuer à la construction et l'exploitation du site.

¹⁰ Source : ET Science Team, M Abernathy, Einstein gravitational wave Telescope conceptual design study, ET

Afin de développer ce projet, la région ELAt organise actuellement le début du développement scientifique et technologique au travers du ET Pathfinder.

ET Pathfinder est le centre de R&D de la région ELAt pour développer les technologies pertinentes pour le Télescope Einstein, permettant ainsi d'organiser et de renforcer les compétences scientifiques et techniques dans la région considérée, entre autres en créant des collaborations et des opportunités d'innovations de rupture. De surcroît, ce projet renforce la position de l'Euregio comme candidat au site d'implantation du ET. Ce centre de R&D représente un budget total de 15 millions €, avec des coûts opérationnels modestes et continuera à réaliser de la R&D lorsque ET sera opérationnel (ET se concentrera sur l'observation).

Par ailleurs, plusieurs actions ont déjà été prises :

- Candidature pour que ET soit sur la roadmap ESFRI¹¹ ;
- INTERREG V VL-NL (Innovation). Objectifs : infrastructures et ET Pathfinder basse température ;
- INTERREG V Euregio Meuse-Rhin (Innovation). Objectifs : étude géophysique (sol) et ET Pathfinder température cryogénique.

3.2.2.2. Phase de construction

La phase de construction du ET représente, selon les estimations actuelles, un budget total compris entre 1 et 1,5 milliard d'euros. Environ 70% de ce budget sera dédié au développement du site et à des technologies courantes, tandis que 30% de ce budget devrait correspondre aux technologies de pointe du ET.

L'impact économique provenant de la partie construction et technologies courantes (70%) devrait dépendre en grande majorité du site d'implantation sélectionné. En effet, la construction devrait impacter directement la région d'implantation au niveau du secteur de la construction et de ses fournisseurs avec de surcroît un effet indirect résultant d'une activité accrue du secteur de la construction (commerces, logements, etc.).

L'impact économique provenant de la partie technologies de pointe (30%) devrait par contre être moins lié à la localisation du ET. En effet, la haute valeur ajoutée de ces technologies autorise la production sur un autre territoire.

3.2.2.3. Phase d'exploitation et de maintenance

La phase d'exploitation du ET, une fois mis en opération, est estimée à une trentaine d'années. Comme pour les autres infrastructures de ce type, des rénovations et des améliorations seront probablement réalisées de façon périodique.

¹¹ ESFRI a pour mission de soutenir une approche cohérente et stratégique de l'élaboration des politiques relatives aux infrastructures de recherche en Europe et de faciliter les initiatives multilatérales visant à améliorer l'utilisation et le développement des infrastructures de recherche, aux niveaux européen et international.



L'impact économique durant cette phase sera d'ordre direct, au travers des scientifiques, techniciens et employés travaillant sur le site, mais aussi d'ordre indirect au niveau local (logement, repas, etc.) ainsi que par l'exploitation des technologies et savoir-faire développés pour le projet.

3.2.3. ET - Infrastructure et technologies

Le projet du Télescope Einstein se présente sous forme de trois tunnels formant un triangle de 10 km de côté enfouis à une profondeur d'environ 250 m. Chacun des tunnels comprendra 6 tubes sous vide où circuleront les faisceaux lasers. Aux 3 sommets de ce triangle seront situés 3 cavernes contenant chacune les lasers (500 Watt et 3 Watt), des miroirs de très haute précision (<1 nanomètre¹²) et un système d'amortissement des vibrations. Une partie des miroirs sera refroidie à des températures inférieures à -263°C ¹³.

Chacune des cavernes sera reliée à la surface par un puits donnant accès aux infrastructures de surface.

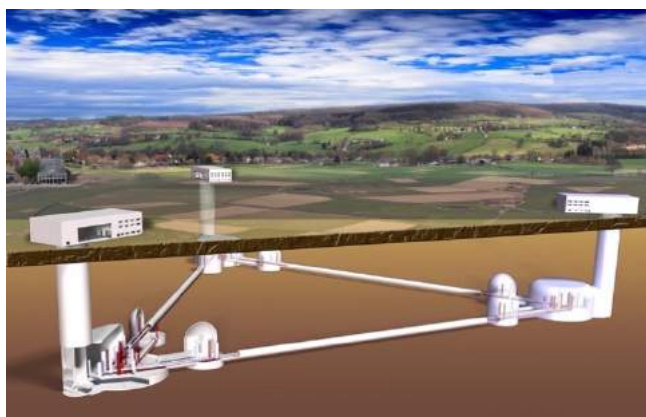


Figure 2 - Impression artistique du Télescope Einstein. L'observatoire a une configuration triangulaire pouvant accueillir trois détecteurs. Chaque détecteur est composé d'un interféromètre cryogénique basse fréquence et d'un interféromètre haute fréquence fonctionnant à température ambiante. Les stations de coin sont reliées par des tunnels de 10 km de long.

Les technologies clés¹⁴ qui feront partie du développement du ET sont les suivantes :

- **Optique (Quantum)** : des miroirs très haute précision (<1 nanomètre) devront être produits, dont des miroirs en silicium extrêmement précis (d'un diamètre d'environ 50 à 60 cm).
- **Silicium refroidi (cryogénie)** : les miroirs des interféromètres optimisés basse fréquence devront être refroidis à environ -250°C afin de réduire le bruit thermique tout en évitant les dilatations dues aux faibles variations de température.
- **Lasers ultramodernes** : les lasers extrêmement stables et relativement puissants sont des composants essentiels des interféromètres laser. Par rapport aux

¹² 1 nanomètre équivaut à un milliardième de mètre.

¹³ Le zéro absolu est la température la plus basse pouvant exister, sa valeur est de $-273,15^{\circ}\text{C}$.

¹⁴ Source : ET Science Team, M Abernathy, Einstein gravitational wave Telescope conceptual design study, ET

installations existantes, la longueur d'onde du laser doit être étendue, d'1 micron à 1,5 voire même 2 microns, compte tenu de la fenêtre de transmission du silicium.

- **Système sous vide** : les miroirs en silicium ne doivent pas uniquement être refroidi (cryogénie), mais aussi placé sous vide pour éviter toute interférence au niveau des rayons laser. Ce vide doit être réalisé dans les tubes de 10 km de longueur entre les miroirs.
- **Isolement sismique** : les optiques (miroirs, réflecteurs, etc.) du ET doivent être isolées des mouvements sismiques du sol pour éviter des vibrations parasites.
- **Logiciel de mesure et de contrôle** : il est essentiel que le ET développe un logiciel de mesure et de contrôle robuste, flexible et de très haute précision, utilisant les dernières technologies.
- **Traitement et gestion des données** : la quantité de données qui sera collectée par le ET nécessite un traitement et une gestion de données précise, en particulier lorsque les données du ET seront combinées à celles d'autres télescopes.

3.2.4. Délais du projet

Si le concept européen du projet d'interféromètre de 3^{ème} génération date de la période 2004-2008, la collaboration effective des partenaires impliqués dans les différentes phases du ET a officiellement démarré en 2018.

En 2021, le site d'implantation devrait être sélectionné, avant une période de construction actuellement estimée à 8 ans. La durée d'exploitation est estimée à trente ans.

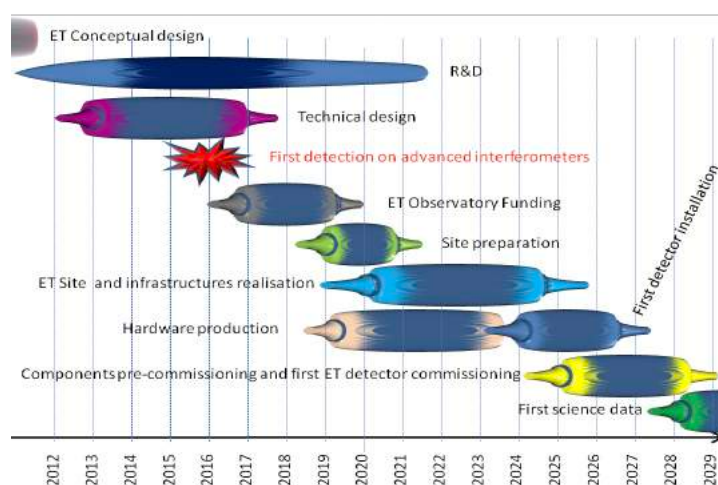


Figure 3 - Calendrier prévu ET – mise à jour en 2011. L'incertitude au début et à la fin de chaque activité est représentée de manière imagée à travers les appendices latéraux de chaque barre horizontale.
Source : Einstein gravitational wave Telescope – conceptual design study

3.2.5. Budget du projet

Les estimations initiales établies en 2008 portaient sur un budget total de 1 075 milliards € pour la mise en opération du site, le budget est réparti selon les catégories suivantes :

Libellé	Budget (en millions €)
Construction du site	592
Systèmes de vide	170
Cryogénie	13
Suspensions	14
Optique	38
Total	827
Marge pour les imprévus	30%
Total avec marge	1075

Tableau 1 - Source : ET Science Team, M Abernathy, Einstein gravitational wave Telescope conceptual design study, ET

Sur base d'un index belge des prix à la consommation de 90,42 en avril 2008 et de 110,67 en avril 2019 (base : 2013 = 100), ceci conduit à estimer la hausse des coûts sur la période à 110,67/90,42, soit 1,224. **La valeur actualisée du budget initial établi par les autorités européennes est donc de 1,316 milliard €** pour les activités de conception et de construction du site. En faisant l'hypothèse que, comme pour tout projet industriel équilibré, ces 2 phases représentent 80% du coût total du projet, s'y ajoutent donc 263 millions € pour les activités de support managérial et technique au projet (études générales, structure de gouvernance...). Soit donc au final un budget actualisé estimé à 1 578,8 millions €.

Sur base des projections européennes initiales, l'étalement des coûts de construction devrait se répartir de la façon suivante au long des 8 années de construction :

Figure 212: ET observatory cost summary and expenditure time distribution

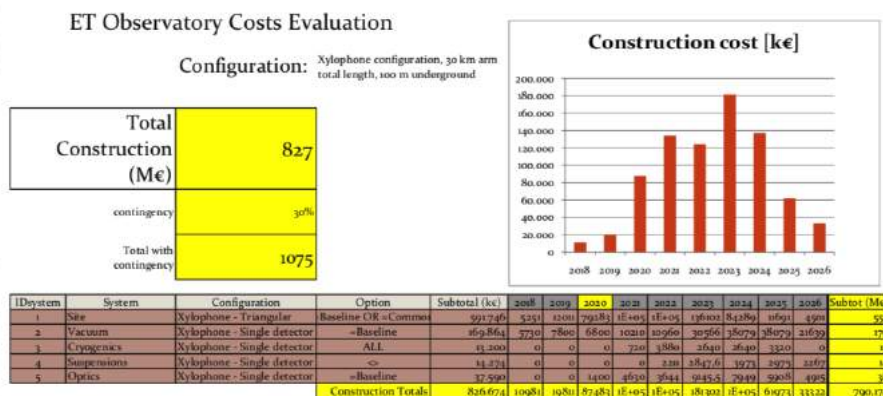


Figure 4 - Source : ET Science Team, M Abernathy, Einstein gravitational wave Telescope conceptual design study, ET

Les pourcentages annuels de dépenses qui émergent de ce tableau sont repris tels quels dans la simulation macroéconomique des retombées du projet présentée ci-après.

4. Triangulation par les experts

Présentons à présent les résultats qui émergent du « focus group » organisé avec 13 experts issus du monde académique et scientifique (5 participants) et du monde de l'industrie (8 participants) le 7 mai 2019 à l'Université de Liège.

Lors de ce « focus group », diverses tâches ou activités à entreprendre pour la réalisation du projet ET ont été identifiées. Ces tâches peuvent représenter une opportunité pour des entreprises de la Région wallonne ou des domaines d'expertise encore non identifiés auparavant ou moins considérés actuellement et donc à développer.

Au niveau global, neuf tâches ou points d'attention ont été soulignés avec plus ou moins de détails. Ceux-ci sont globaux car ils touchent tant à la conception, qu'à la construction ou l'exploitation de l'infrastructure.

i. Cryogénie

La cryogénie est importante dans ce projet car la structure devra être refroidie. Ce type de métier devra être pris en compte dans la liste des métiers requis dans les trois phases du projet.

ii. Bruit sismique

Le ET doit être bâti sur un terrain où peu de bruits et vibrations sismiques sont détectables. Afin de pallier cet éventuel problème, certains experts soulignent la nécessité de l'achat ou du développement de capteurs de vibrations, ou encore le développement et l'implémentation de systèmes anti-vibrations.

iii. Prototypage du projet dans son ensemble et de sous-composants

Pour mener à bien la réalisation du projet, un prototype devra être dessiné et construit. Dès lors, les corps de métiers nécessaires seront bien identifiés et choisis, et les changements ou améliorations à administrer à la structure seront visibles.

Par ailleurs, de multiples prototypages de pièces ou dispositifs originaux devront être réalisés au cours des 3 phases du projet, destinées à s'étaler sur une très longue période.

iv. Énergie électrique

La question fut posée de savoir à quel point la structure Einstein serait énergivore en électricité. A priori, cet élément ne serait pas problématique puisque l'exploitation du ET ne nécessiterait que peu d'énergie électrique. Il faudra cependant se pencher plus amplement sur la question ; l'alimentation électrique du projet – tout au long de sa durée de vie – constituera un enjeu technologique significatif.

v. Eau

Dans de telles structures construites sous terre, l'eau souterraine peut représenter un danger pour le projet. En effet, l'eau pourrait s'infiltrer, faire pression et fragiliser le bâtiment. Il faudra



donc gérer les infiltrations et mesurer les pressions à grande profondeur. La mise en place d'un système de pompage ou de drainage devra être notamment considérée.

vi. Sécurité

La sécurité est un élément primordial dans la construction et l'exploitation du télescope. Divers facteurs doivent impérativement être mis sous surveillance permanente, notamment :

- La stabilité des sols,
- La stabilité des excavations,
- L'intégrité des tunnels,
- Les matériaux excavés,
- La gestion des gaz en sous-sols.

vii. Tunnels sous vide

Les tunnels érigés pour le ET contiendront les tubes sous vide dans lesquels les faisceaux lasers parcourront, par côté, 10 km de distance. Le travail sous vide a pour objectif d'éliminer toute interaction parasite entre les lasers et tout autre gaz ou autre parasite pouvant influencer sur sa trajectoire. Les techniques liées à ce domaine, sur une telle distance, est encore un enjeu de développements technologiques majeurs pour le futur.

viii. Miroirs, lasers, détecteurs et capteurs

Les entreprises spécialisées dans la conception, la fabrication, l'installation et la maintenance de miroirs de haute précision, de lasers, de détecteurs et de capteurs seront indéniablement des acteurs hyperspécialisés qui joueront un rôle majeur tout au long de la vie du projet.

ix. Études techniques

Les besoins en termes de connaissances et d'applications dans des domaines d'expertises spécifiques ont été unanimement soulignés tout au long du focus group. Certain de ces besoins peuvent ne pas avoir été déjà pris en compte dans la bonne réalisation du projet.

Ces études techniques portent notamment sur les dimensions suivantes :

- État des sols,
- Caractérisation du site,
- Optimisation des systèmes antivibratoires,
- Prospection géologique,
- Stabilité des sols,
- Stabilité des excavations,
- Simulations.



4.1. Segmentation par phase

4.1.1. Phase de préparation et de conception

Lors de la phase de conception essentiellement (mais aussi sans doute ultérieurement), deux éléments ont été soulignés comme à prendre en compte avec précaution : les composants du prototypage et les apports technologiques au niveau de l'usinage des pièces.

Comme dit précédemment, un prototype doit être élaboré et construit. Il sera impératif d'étudier en amont les éléments qui le composeront. Ces composants sont mécaniques, cryogéniques et optiques et devront posséder une précision de l'ordre du nanomètre.

Une étude de faisabilité des pièces mécaniques utilisées dans le cadre de la conception du ET devrait par ailleurs aussi être menée. En effet, il serait bon de se pencher sur les apports technologiques au niveau de l'usinage des pièces qui le composeront (quels en seront les matières, la résistance ou encore le design ?). Or, l'étude de la résistance mécanique est souvent prise en charge par des bureaux d'étude.

4.1.2. Phase de construction

La séance organisée avec les différents experts a mis logiquement en évidence les activités-clés à considérer lors de la phase de construction du projet. Certaines ont déjà été évoquées dans la phase précédente.

Tout comme pour le prototype, les composants mécaniques, cryogéniques et optiques de la structure finale devront être étudiés afin de garantir la réussite du projet. Des apports technologiques devront être apportés aux pièces mécaniques.

Les tunnels réalisés lors la construction du site seront de grande dimension et situés en grande profondeur. Le forage sera un travail de grande envergure et les plus grandes entreprises seront a priori privilégiées pour ce type de tâche. Tout comme pour les tunnels, de grands puits devront être creusés et nécessiteront eux aussi de faire appel à des entreprises de plus grande taille disposant d'importantes ressources humaines et matérielles. Par ailleurs, une voie d'accès inclinée devra peut-être être envisagée pour accéder aux tunnels.

4.1.3. Phase d'exploitation et de maintenance

Lors de la phase d'exploitation, les experts soulignent qu'il faudra assurer une maintenance optimale et permanente du système dans son entièreté. Les composants mécaniques, cryogéniques et optiques fabriqués devront répondre à certaines normes, être remplacés ou améliorés tout au long de la durée d'exploitation (très longue) de l'infrastructure.



4.2. Évaluation des retombées positives du projet

La construction du ET aura des impacts positifs sur certain(e)s entreprises, zones d'impacts, savoirs et savoir-faire ou alliances.

Les éléments suivants ont été mis en exergue par les experts réunis :

- Le projet ET est novateur et ambitieux. De nouvelles technologies d'usinage et de fabrication seront nécessaires pour le prototypage et la construction du projet. Ces apprentissages pourraient être intéressants pour de futurs projets – similaires ou non – ou tout simplement pour la recherche.
- La Région wallonne possède historiquement un savoir-faire mécanique certain avec une reconnaissance à l'international pour la mécanique fine de précision. Un tel projet serait une aubaine pour des entreprises basées sur le territoire wallon et dont les métiers historiques subissent un déclin ; en ce sens, l'implantation du ET pourrait assurer la pérennité du savoir-faire mécanique en Région wallonne. Par ailleurs, les entreprises de la Région wallonne deviendraient maîtres dans le savoir-faire spécifique en construction de grandes infrastructures souterraines.
- Les entreprises qui pourront prendre part au projet ou celles qui pourront voir le jour afin de répondre aux besoins du ET profiteraient durant de nombreuses années de la structure. La Région wallonne pourrait également bénéficier de ces retombées positives puisqu'il y aurait, au sein de la région, une activité économique récurrente pendant presque 30 ans. De plus, le ET remettrait les sciences physiques, astronomiques et les géosciences au cœur du développement économique et technologique de la région.
- Les bureaux d'étude se verront assigner des tâches de grande envergure et inédites et pourraient dès lors enrichir leurs compétences et leurs savoirs. Par ailleurs, ces entités pourraient se développer et engager du personnel.
- Des partenariats scientifiques et technologiques de haut niveau dans des domaines en devenir pourraient être créés au sein de l'Euregio. En effet, les sciences physiques, spatiales et liées aux techniques de construction en grande profondeur sont indispensables au projet et surtout en plein essor.
- Par ailleurs, les trois phases du projet représenteraient un volume de travail important, dont les retombées seraient doubles :
 1. Des emplois seraient créés, notamment au sein des PME en croissance.
 2. Toutes les entreprises présentes dans le projet seraient marquées d'un label d'excellence technologique, qui augmenterait leur attractivité et leur compétitivité individuelle.



- ➔ En termes de connaissance du milieu, les études menées en phase de conception et les observations rassemblées lors des deux autres phases permettront de mieux appréhender le territoire via une meilleure connaissance des sols et sous-sols de la région. Ces études et observations permettront également établir une cartographie très précise des ressources de cette partie du sous-sol wallon.
- ➔ Enfin, le site serait rendu attractif au niveau mondial, notamment en termes touristiques. Le ET est en effet, à l'heure actuelle, une première scientifique mondiale.

4.3. Externalités et difficultés/obstacles à franchir

Enfin, les experts réunis lors du « focus group » ont mis en évidence les externalités et difficultés ou obstacles à franchir pour faire de ce projet ambitieux un succès et une vitrine du savoir-faire scientifique et technologique wallon.

- ➔ Tout d'abord, il est déjà difficile à l'heure actuelle de recruter du personnel ou des experts de qualité dans les domaines d'activité impliqués dans ce projet. La mécanique est en pénurie de main-d'œuvre qualifiée. Les ingénieurs électromécaniciens, dessinateurs et techniciens sont quant à eux rares ou difficiles à recruter. Par ailleurs, l'expertise nécessaire à ce projet peut s'avérer parfois très spécifique et il ne sera pas aisé de transférer celle-ci vers d'autres projets, surtout l'expertise propre à la conception du projet.
- ➔ Des difficultés propres au tissu économique wallon sont aussi à relever. Au sein de la Région wallonne, il est parfois difficile culturellement pour les entreprises de nouer des partenariats. Par ailleurs, au vu de la rareté des ressources humaines disponibles soulignée précédemment, le fait de se consacrer à un projet local se fera quasi inévitablement au détriment du développement de projets outre-mer. Ensuite, les entreprises de la région sont perçues comme en déficit de compétitivité en comparaison à certaines autres entreprises européennes. Il sera en effet sans doute illusoire de parvenir à maintenir un niveau de prix acceptable dans un contexte de marchés publics où dominent les « moins-disants¹⁵ ». De plus, maintenir les coûts salariaux face à des métiers d'ores et déjà en pénurie peut s'avérer impossible. Enfin, il ne sera pas évident de prévoir une assurance des risques spécifiques à ce type de projet.
- ➔ Des obstacles sociétaux sont par ailleurs mis en évidence dans l'élaboration du ET. Le forage de tunnels et puits produira ainsi des déblais rocheux ; il faudra prévoir une manière d'évacuer ces déblais et un endroit où stocker ces déchets. Ensuite, la phase de construction engendrera un trafic intense de poids lourds, qu'il faudra gérer dans cette région fortement touristique. En outre, il sera impératif de concilier le projet scientifique et industriel avec la nature d'une zone perçue comme naturelle et protégée de l'activité humaine.

¹⁵ Personne qui, dans une adjudication, fait l'offre de prix la plus basse.



- ➔ De manière plus globale, le défi majeur perçu sera de parvenir à maintenir un équilibre politique, économique et sociétal au sein et autour du projet. Il sera complexe par exemple de concilier ce projet avec une relance de l'activité minière (plomb et zinc) à La Calamine, qui se situe à proximité du site visé alors même qu'une activité minière est plus porteuse de développement économique local à court terme mais représente une faible valeur ajoutée scientifique et sur le long terme. Au sein de l'Euregio, les cultures de travail peuvent en outre parfois être très difficiles à concilier. Finalement, l'aspect transfrontalier et le maintien de son équilibre peut poser des difficultés politiques.



5. Triangulation microéconomique

Cette section reprend les entretiens réalisés auprès de 25 entreprises en Région wallonne au travers d'entretiens semi-directifs (questionnaire disponible à l'annexe 8.2.2). La synthèse des entretiens par entreprises est disponible dans le tableur Excel fourni en complément de ce document.

Afin de clarifier le propos, cette présente section est segmentée selon les phases du projet du ET, à savoir préparation/conception, construction et exploitation/maintenance (section 3.2.2.).

Une considération doit être faite concernant le biais de délai du projet. Si la majorité des entreprises consultées dans cet exercice ont déjà travaillé sur des projets de cette envergure, l'échelle de temps du projet et sa complexité rendent difficile l'exercice d'extrapolation des répondants surtout lorsqu'il s'agit d'avancer une réponse chiffrée.

5.1. Segmentation par phase

5.1.1. Phase de préparation et de conception

Durant la phase de préparation, 17/25 entreprises ont marqué leur intérêt de participer activement à la phase de préparation au travers de services et/ou de participation aux prototypes avant la mise à l'échelle, et 3/25 au travers de partages de conseils et d'expertises sur des thématiques clés pour le bon déroulement de la suite du projet.

Les secteurs d'activités impliqués seraient les suivants :

- L'analyse de risques (incendie, radioactivité du sol, sous-sol, infrastructure, etc.) pour la conception de l'installation ;
- La participation au prototypage, au travers des différents pans technologiques nécessaires à la réalisation du télescope ;
- La conception du process de construction ;
- La préparation du chantier (analyse du sol, gestion au sens large, etc.) ;
- La simulation et l'aide au design pour les hardware et les infrastructures (systèmes d'amortissement des vibrations, de refroidissement, etc.) ;
- La préparation des outils de construction (construction tunneliers, probablement 2).



5.1.2. Phase de construction

Durant la phase de construction, 23/25 entreprises ont marqué leur intérêt de participer activement à la phase de construction. Le secteur d'activité le plus impacté durant cette phase sera le génie civil.

Les secteurs d'activités impliqués seraient les suivants :

- La construction et le génie civil, secteurs représentant la majorité du budget. La phase de construction comprendra la réalisation de puits d'accès (verticaux et potentiellement en pente), 3 tunnels horizontaux, des voiries d'accès, le transport des excavas, les bâtiments en surface, etc.
- La consultance en analyse de risques (incendie, radioactivité du sol, sous-sol, infrastructure, etc.) au niveau du chantier, au travers de formations et de monitoring en continu pour le respect des normes et procédures.
- La production des hardwares et des technologies de pointe (lasers, optiques, systèmes cryogéniques, systèmes sous vide, pompes, etc.).
- La production de softwares (logiciels, gestion de big data, IA, etc.).
- La simulation numérique diverse (analyse du sol, analyse sismique, analyse vibratoire, résolution de problèmes, etc.).

5.1.3. Phase d'exploitation et de maintenance

Durant la phase de construction, 18/25 entreprises ont marqué leur intérêt de participer activement à la phase d'exploitation. Le secteur d'activité le plus impacté durant cette phase sera le génie civil.

Les secteurs d'activités impliqués seraient les suivants :

- L'entretien, la maintenance et les améliorations continues des infrastructures ;
- L'analyse de risques (incendie, radioactivité du sol, sous-sol, infrastructure, etc.) au travers de formations, préventions, etc. ;
- L'entretien, la maintenance et les améliorations continues des hardwares et des technologies de pointe (lasers, optiques, systèmes cryogéniques, systèmes sous vide, pompes, etc.) ;
- L'entretien, la maintenance et les améliorations continues des softwares (logiciels, IA, gestion de big data, etc.) ;
- L'analyse sismique, l'analyse vibratoire, la résolution de problèmes, etc. ;
- L'exploitation du site.



5.2. Ressources matérielles et financières

La majorité des entreprises (23/25) ont noté qu'elles possédaient les ressources matérielles suffisantes pour faire face aux besoins du ET. Cependant, 7/23 entreprises ont mentionné que des investissements seraient certainement à réaliser pour diverses raisons :

- Augmenter la cadence de production ;
- Diminuer le prix de revient ;
- Acquérir de nouvelles technologies pouvant être exploitées sur le projet mais aussi pour acquérir de nouveaux marchés ;
- Développer des outils précis pour le ET (tunnelier).

Concernant les ressources financières, plus de la moitié des entreprises (16/25) mentionnent que les fonds propres sont suffisants pour participer au projet ; 10 de ces entreprises notent spécifiquement que des investissements pourraient être envisagés. Cependant, si des investissements sont à prévoir (acquisitions d'équipements spécifiques, agrandissement d'infrastructure, R&D, etc.), un soutien financier sous forme d'avance récupérable ou d'augmentation de capital devra être envisagé.

À noter que dans l'état du projet, les entreprises interviewées disposent de trop peu d'informations pour estimer précisément leurs besoins en termes de ressources matérielles et financières.

Cependant, ces futurs besoins d'investissements, si réutilisables dans d'autres projets et dans la stratégie de l'entreprise, sont de façon générale bien perçus car sécurisés par un projet long terme qui devrait assurer leur amortissement tout en ouvrant de nouveaux marchés pour les entreprises.

De plus, le site d'implantation envisagé en Euregio couvrant 3 territoires, certains groupes comme BAM pourraient partager les besoins en termes de ressources matérielles et financières sur ces trois territoires.

5.3. Emploi et métiers en pénurie

Selon les entreprises interrogées, la part d'emploi régional générée durant l'ensemble des phases du projet dépendra principalement des facteurs suivants :

- **Le chiffre d'affaires** généré en tant que fournisseur du ET. À ce propos, 5/25 entreprises ont pu estimer un chiffre d'affaires potentiel durant la construction du ET selon leur historique sur ce type de projet :
 - o 1 entreprise estime 10-20 M€/an ;
 - o 1 entreprise estime 1-5 M€/an ;
 - o 2 entreprises estiment 500-700 k€ ;
 - o 1 entreprise estime 20 M€ sur l'entièreté du projet.

Le budget total estimé pour 5/25 entreprises, pour une durée de construction estimée à 8 ans, représente en valeur basse 116 M€ et en valeur haute 231,2 M€.



- **La localisation du site** : si le site de construction du ET est réalisé hors Euregio,
 - o Les entreprises uniquement impliquées dans la construction du site en termes d'infrastructures, de génie civil, d'aménagement de sites et de voiries ne participeront pas à ce projet pour des raisons de distance.
 - o Les entreprises possédant une expertise en mécanique fine, mécanique, systèmes de vide, bureau d'étude, etc. risquent de rentrer en concurrence et de voir leur chiffre d'affaires diminuer voire être nul si la Belgique n'investit pas dans le projet.

En prenant en compte ces éléments, dans le scénario où le ET est localisé en Euregio, **22/25 entreprises devront réaliser des engagements supplémentaires** pour faire face à l'augmentation d'activité.

Le **nombre de ces engagements** reste très difficile à estimer (9/22 n'ont pu avancer de chiffres) à l'heure actuelle au vu du délai du projet, cependant :

- 8/25 entreprises envisagent de recruter < 5 ETP supplémentaires ;
- 2/25 entreprises envisagent de recruter $5 < x < 10$ ETP supplémentaires ;
- 2/25 entreprises envisagent de recruter $10 < x < 20$ ETP supplémentaires ;
- 1/25 entreprises envisagent de recruter $50 < x$ ETP supplémentaires.

Les **profils d'engagements potentiels** sont fort dépendants de l'activité de l'entreprise. 22/25 entreprises ont identifié les profils suivants :

- Employés : technico-commerciaux, responsables de projets, personnel administratif, chefs d'équipe, gradués en construction, etc.
- Employés à haute valeur ajoutée : ingénieurs, automaticiens, électromécaniciens, experts en sécurité, fire safety engineers, ingénieurs en optique de précision, physiciens, ingénieurs civils, ingénieurs électroniciens, ingénieurs mécaniciens, hydrauliciens, programmeurs de machines, géomètres, etc.
- Ouvriers : techniciens, mécaniciens, soudeurs, tuyauteurs, instrumentistes, usineurs, peintres industriels, manœuvres, ouvriers en construction, etc.
- Ouvriers à haute valeur ajoutée : soudeurs, usineurs, fraiseurs, tourneurs, techniciens en optique, ouvriers qualifiés, techniciens programmeurs, ouvriers spécialisés en souterrain, chefs mécaniciens, opérateurs tunneliers, etc.

Bien que la majorité des entreprises, au travers des engagements à réaliser, se contenteront **d'augmenter leur force de travail** pour faire face à une croissance de l'activité, les entreprises comprenant un bureau d'étude profiteront de l'opportunité pour développer de nouvelles compétences et savoir-faire, consolidant ainsi leur croissance sur le long terme en proposant de **nouveaux services pour atteindre de nouveaux marchés**. Par ailleurs, 1/25 entreprise a spécifiquement marqué son intérêt pour la création d'un bureau d'étude permettant ainsi d'augmenter son offre de services.



Cependant, de **nombreux métiers en pénurie** ont été identifiés : instrumentistes, automaticiens, tuyauteurs, soudeurs agréés, électromécaniciens, usineurs, tourneurs, fraiseurs, opérateurs laser, opérateurs poinçonnage, opérateurs plieurs en tôlerie, programmeurs en tôlerie, métiers liés à la gestion des risques en radioactivité et espaces confinés, experts en optique laser, techniciens en optique de précision, peintres industriels, ingénieurs (toutes catégories), hydrauliciens, chefs mécaniciens, opérateurs tunneliers (ne sont que 4 en Région wallonne), mécaniciens.

À noter que pour faire face à cette pénurie, les entreprises utilisent diverses stratégies :

- Débauchage auprès de concurrents ;
- Formation continue auprès de centres de compétences comme Technifutur ;
- Formation en interne (la durée peut varier de 3 mois à plusieurs années selon le profil technique) ;
- Formation en alternance.

5.4. Comparatif avec le projet du CERN

Dans ce paragraphe, nous synthétisons les avis des entreprises interviewées concernant leur participation au projet du CERN.

5.4.1. Chiffre d'affaires cumulé (2008-2018) en tant que fournisseurs du CERN

Le chiffre d'affaires cumulé par les 21/25 entreprises fournisseurs du CERN au cours de la période 2008-2018, représente un montant global de 5 901 774,07 CHF, soit 5 279 009,82 €¹⁶.

5.4.2. Retombées positives/négatives

De façon générale, les retombées économiques générées par la participation au projet du CERN en tant que fournisseurs sont très aléatoire d'un secteur à l'autre. Dans certains cas, celles-ci sont perçues comme anecdotiques ou faibles tandis que dans d'autres la participation a représenté une rentrée régulière, sécurisant le chiffre d'affaires sur quelques années et parfois jusqu'à 50% du chiffre d'affaires annuel sur une courte période.

En dehors des retombées économiques, même lorsque le chiffre d'affaires dégagé est jugé comme anecdotique, l'image de marque des entreprises impliquées a évolué positivement grâce à la notoriété du CERN, renforçant ainsi la notoriété des entreprises et leur image de qualité au niveau international dans un secteur de haute technicité (15/21). Cette notoriété a permis aux entreprises d'accéder à de nouveaux marchés à l'échelle internationale et d'augmenter leurs chiffres d'affaires, notamment via des partenariats à long terme (4/21).

¹⁶ Au 4/06/2019, 1 € = 1,11797 CHF



Par ailleurs, de par le financement par projet, certaines entreprises ont l'opportunité d'acquérir de nouveaux équipements ainsi que de nouvelles compétences, permettant de diversifier les marchés cibles de l'activité et in fine de faire évoluer la société.

L'emploi généré est noté comme faible mais en réalité limité par le faible retour de chiffre d'affaires direct.

5.4.3. Limitations

La participation des entreprises en tant que fournisseurs au CERN a pu être limitée pour les raisons suivantes :

- Distance CERN¹⁷-Belgique : ce paramètre n'est pas déterminant pour les entreprises de haute technicité (cryogénie, vide, mécanique fine, etc.). Cependant, la distance a pu limiter les contacts et le développement de bonnes relations, limitant ainsi directement le retour aux entreprises wallonnes. Par ailleurs, la distance a empêché des entreprises en génie civil d'intervenir dans le projet.
- Localisation : de par leur position et la logique des appels de marché, les entreprises wallonnes sont entrées en compétition avec des entreprises de pays de l'Est, plus compétitives sur le prix final (uniquement en termes de production, pas de recherche et développement). De plus, 1/21 entreprise note les droits de douane comme un frein à la participation au CERN.
- Investissement de la Belgique : le CERN tenant compte notamment de la contribution de chaque pays dans le choix des fournisseurs, le faible niveau d'investissement de la Belgique aurait limité les retours vers les entreprises belges.

5.5. Retombées positives et localisation du ET

5.5.1. Retombées positives

Les entreprises ont relevé de nombreuses retombées positives dans l'implantation du ET en Euregio. Les principaux points relevés sont les suivants :

- **Renforcement de la notoriété et de la crédibilité** des entreprises impliquées au niveau international pour les projets de haute technologie.
- L'Euregio deviendrait le **pôle mondial en science astronomique interférométrique**, attirant de nombreux spécialistes ainsi que de nombreuses entreprises.
- Un **chiffre d'affaires en croissance et sécurisé sur le long terme**.
- La **création d'un écosystème de pointe au niveau technologique** et ce dans de nombreux domaines d'activités (mécanique, astronomie, cryogénie, construction souterraine, etc.), comme ce qui a pu être constaté autour du CERN.
- La **recherche et développement** pour répondre à l'ambition du projet forcera les entreprises à développer de nouveaux savoir-faire, technologies et compétences, se

¹⁷ Meyrin, Suisse



traduisant par une reconnaissance et une croissance des entreprises à l'international et la création de nombreuses start-ups.

- **Création d'emplois à niveau faible et élevé de compétences.**
- **Création de nombreux partenariats en Région wallonne** ainsi qu'avec les entreprises de l'**Euregio**, favorisant la croissance de la région.
- **Vitrine technologique de la région.**
- Création d'un **cercle vertueux** pour la région.
- **Création de nouveaux métiers et de nouvelles vocations**, favorisant une montée en compétence de la région (astronomie, travail souterrain, mécanique, etc.).
- **Développement général de la région** pour répondre aux besoins de logements, d'alimentation, etc. des travailleurs aussi bien sur la période de construction que d'exploitation.
- L'implantation au niveau de l'Euregio serait positive pour toutes les entreprises travaillant au rang 1, qui sous-traiteraient au niveau local. « Au vu du budget total du ET, il s'agit d'une infrastructure du même ordre que le CERN qui dès lors devrait offrir le même retour sur le long terme ; ce projet doit être envisagé avec la même vision long terme ».
- **Développement de nouvelles technologies** encore non connues aujourd'hui : le CERN est à l'origine du web, qui n'était pourtant pas envisagé lors de la mise en œuvre du projet.

5.5.2. Euregio vs Sardaigne

Actuellement, seuls deux sites d'implantation seraient encore en compétition : l'Euregio et la Sardaigne. La sélection d'un site plutôt que l'autre aurait un impact fort sur la participation des entreprises en Région wallonne dans le projet. En effet, **9/23¹⁸ entreprises ne pourraient participer au projet** (toutes phases confondues) ; **10/23 redoutent de faire face à une concurrence accrue** ne permettant plus d'être compétitives (hébergement, transports, etc.) ; **1/23 remarque qu'il existe une possibilité d'apparition de nouveaux concurrents inexistants** à l'heure actuelle étant donné les subsides et contrats octroyés dans la région ; **9/23 notent que les retombées seront fortement diminuées** voire inexistantes. Seules **3/23 ne notent pas de différence** entre les 2 sites.

La distance Belgique-Sardaigne impliquerait que les **entreprises de génie civil, construction d'infrastructures, etc. ne pourraient être impliquées** dans le projet ; en effet, dans la construction de ce type d'infrastructure, la main d'œuvre est locale.

Par ailleurs, de nombreuses entreprises pouvant être fournisseurs de rang différents entreraient en compétition avec un plus grand nombre d'entreprises étrangères, limitant ainsi les retombées au niveau de la Région wallonne. Et ce pour plusieurs raisons :

- **Diminution des marges pour rester compétitives**, de par le besoin de déplacer du personnel en Sardaigne ;

¹⁸ Seul 23/25 entreprises souhaitent initialement participer au projet ET



- Les entreprises pouvant travailler en Sardaigne **risquent de devoir sous-traiter au niveau local** ;
- **Diminution du nombre de contrats** de par une compétition accrue.

De plus, **l'apparition de nouveaux concurrents, inexistants à l'heure actuelle**, de par des subsides pour le développement des technologies nécessaires pour le ET, risquerait de faire perdre des parts de marché à des entreprises en Région wallonne actuellement leaders sur le marché.

Enfin, si le site d'implantation sélectionné est la Sardaigne, les investissements de la Belgique seront plus faibles, limitant le retour direct aux entreprises en Région wallonne. Sur le long terme, cela devrait se traduire par une croissance plus faible en termes de chiffre d'affaires, d'ETP, de R&D.

Les fournisseurs les plus impactés de par le choix de la région d'implantations seront :

- Les corps de métiers liés au béton (selon les estimations, entre 600 000 et 1 million de m³ de béton seront à produire, transporter et couler sur le site) ;
- Les sociétés de gestion d'excavas, transport ;
- Les ateliers de mécanique générale ;
- Les ateliers de mécanique fine, mécanique industrielle, etc. ;
- Les ateliers d'usinages, de tôlerie, peinture ;
- L'usinage de produits semi-finis ;
- Les ateliers de traitements divers ;
- La sous-traitance locale (nourriture, fourniture de bureau, logement, etc.) ;
- Les cabinets de conseil (juridique, propriété intellectuelle, bureau d'accompagnement économique, etc.).



5.6. Facteurs clés de succès

Lors des entretiens, les facteurs clés de succès identifiés pour ce projet, et ses retombées sur la Région wallonne, en termes de chiffre d'affaires, d'ETP, de notoriété, etc. sont :

- **La communication au sens général** : le grand public mais aussi les entreprises doivent comprendre l'intérêt de ce projet au niveau des retombées économiques pour toute la région, leur donnant ainsi la volonté de s'investir dans le projet. La vulgarisation scientifique pourrait quant à elle créer de nouvelles vocations et potentiellement réduire les pénuries de compétences dans de nombreux secteurs.
- **La coordination du projet** : le management du CERN a été cité plusieurs fois comme exemple à suivre pour le développement de nouveaux projets, l'attribution de marchés, etc.
- **La mise en place de partenariats** : aussi bien au niveau régional qu'au niveau de l'Euregio. Ces partenariats doivent être soutenus au niveau politique et au niveau du management du projet ET pour éviter toute concurrence déloyale entre les entreprises de l'Euregio et favoriser une collaboration positive. Par ailleurs, au niveau belge, le risque de querelles communautaires pour l'attribution de marchés a été identifié à plusieurs reprises comme un élément de risque pour la Région wallonne.
- **La préparation du projet** : au travers de la coordination des 3 régions impliquées au niveau politique, mais aussi de par le choix des fournisseurs qui devront pouvoir être informés à l'avance, si possible 2 à 3 ans, afin de pouvoir être prêts lorsque le chantier débutera (recrutement, formation, investissements en équipements et infrastructures, investissements en R&D, investissements en stock, négociation et création de partenariats, etc.).
- **L'implication des entreprises** en sollicitant leurs conseils et expertise pour la mise en œuvre du projet.
- **La volonté politique de soutenir le projet** : le projet doit être vu avec une vision long terme comme le projet du CERN. À cette fin, l'investissement de la Belgique et de la Région wallonne doit se faire à deux niveaux : (i) en investissant dans le projet ET en lui-même, favorisant ainsi le retour aux entreprises en tant que fournisseurs du projet ; (ii) en investissant dans les entreprises à même de s'impliquer dans le projet de par leurs compétences et savoir-faire leur permettant de répondre aux besoins du ET en investissant dans des équipements, des infrastructures, de la R&D mais aussi dans le recrutement et formation du personnel nécessaire.



6. Triangulation macroéconomique

Le but de ce troisième volet de notre triangulation méthodologique est double :

1. Parvenir à quantifier le nombre d'entreprises wallonnes susceptibles de bénéficier des retombées directes et indirectes du projet ET si celui-ci est implanté au cœur de l'Euregio.
2. Parvenir à mesurer l'impact de ce projet sur le volume de valeur ajoutée (et donc la création de valeur économique) et sur le volume de l'emploi direct et indirect généré par le budget alloué à la conception, la construction et l'exploitation de cette infrastructure d'envergure.

6.1. Quantification du périmètre des entreprises wallonnes potentiellement impactées par le projet ET

Sur base des activités et tâches clés à mener au cours des 3 phases du projet identifiées lors du « focus group » avec les experts scientifiques et entrepreneuriaux présentés à la section précédente, 42 codes d'activités NACE à 2 et 3 chiffres ont été retenus. Ces codes sont reproduits en annexe (section 8.3.4).

Une sélection au sein du logiciel BelFirst du Bureau Van Dijk – logiciel qui assure la diffusion des états financiers tels que déposés à la Centrale des Bilans de la Banque Nationale de Belgique par toutes les entreprises – a ensuite été effectuée sur base des critères suivants :

- L'entreprise doit avoir son siège social localisé sur le territoire wallon, les unités d'établissement établies sur le territoire n'ayant pas d'obligation de diffusion de leurs états financiers.
- L'entreprise doit être en situation juridique normale (pas de faillite ou de réorganisation judiciaire, notamment).
- L'entreprise doit par ailleurs avoir une taille minimale lors des 2 derniers exercices comptables (en l'espèce, au moins 1 000 € d'actif total).

Sur cette base, 19 397 entreprises ont été répertoriées dans ces secteurs sur le territoire wallon.

Sur base des enseignements tirés du « focus group » précité, il nous est vite apparu que les entreprises les plus petites ne seraient pas en mesure de jouer un rôle significatif direct dans le cadre du projet ET, par manque de ressources humaines essentiellement. Nous avons donc éliminé de notre ensemble les entreprises occupant moins de 5 ETP.

De ce fait, nous estimons à 4 234 le nombre d'acteurs économiques wallons ayant une taille critique minimale et actifs dans les secteurs identifiés comme directement impactés par le projet ET. Ces 4 234 entreprises, sur base des données reprises dans leurs derniers états financiers publiés, représentent un total de près de 110 000 emplois.



6.2. Évaluation de l'impact du projet ET en termes d'emplois directs et indirects et de valeur ajoutée

Pour réaliser ces estimations, nous sommes partis des hypothèses et données suivantes :

1. Le budget alloué aux phases de conception et de construction du site est celui initialement annoncé par l'Union européenne en 2008 et adapté en fonction de l'évolution de l'index des prix entre 2008 et 2019.
2. Ce budget étant focalisé sur ces deux seules phases et excluant le coût lié aux fonctions de support du projet (gouvernance, études juridiques, pilotage financier et budgétaire...), nous avons intégré une proportion de 20% du coût total du projet alloué à la couverture de ces frais de support, proportion alignée avec le ratio 80/20 généralement recommandé dans l'optimisation de la structure de coût d'un tel projet.
3. Ce budget est dépensé durant la durée de vie du projet (conception : 5 ans, construction : 8 ans) dans le respect de la clé de répartition initiale utilisée par l'Union européenne en 2008 (reproduite au tableau 1, en section 3.2.5).

Le budget (donc le chiffre d'affaires qui va retourner vers les entreprises de tous secteurs et vers les centres de recherche impliqués dans le projet) retraduit en valeur actuelle est donc de 1,578 milliard €. Ceci ne veut aucunement dire que l'intégralité de ce budget ira vers les entreprises wallonnes ; cette donnée permet uniquement de quantifier le retour possible vers les entreprises bénéficiaires du projet, quel que soit leur lieu d'origine.

6.2.1. Valeur ajoutée générée par le projet au cours de ses 3 phases

Pour estimer la valeur ajoutée générée par le projet, nous sommes partis de l'hypothèse que l'entreprise-type bénéficiaire est une entreprise wallonne qui présente un taux de valeur ajoutée¹⁹ égal au taux médian²⁰ affiché par l'ensemble des entreprises wallonnes sélectionnées ci-avant. Il s'établit en l'espèce à 44,52%.

De ce fait, comme reproduit au tableau 2 ci-dessous, il ressort que la valeur ajoutée générée au cours des 5 années de conception du télescope s'élève 140,58 millions €, répartis équitablement au cours des 5 années de cette phase, pour un budget total de conception de 315,76 millions €.

Conception						Total
Année	1	2	3	4	5	
Pourcentage	20,00 %	20,00 %	20,00 %	20,00 %	20,00 %	
Budget année	63,15	63,15	63,15	63,15	63,15	315,76 €
Valeur ajoutée générée	28,12	28,12	28,12	28,12	28,12	140,58 €

Tableau 2 - Valeur ajoutée générée au cours de la phase de conception – Données monétaires en millions €

¹⁹ La valeur ajoutée générée par une entreprise résulte du chiffre d'affaires qu'elle engendre, diminué du montant des achats et biens divers qu'elle effectue auprès de ses sous-traitants et autres fournisseurs (du coût de ce qu'elle achète sur le marché). Le taux de valeur ajoutée est la proportion du chiffre d'affaires que cette valeur ajoutée représente : au plus il est élevé, au plus l'entreprise crée de la valeur économique (sanctionnée par le niveau de son chiffre d'affaires) grâce à ses savoirs, son expertise, la qualité de son personnel...

²⁰ À savoir celui qui est réalisé par l'entreprise-type du secteur, donc supérieur au taux de valeur ajoutée de la moitié du secteur et inférieur au taux de valeur ajoutée de la moitié du secteur.

Quant à la valeur ajoutée générée au cours des 8 années de construction de l'infrastructure, elle s'élève au total à 562,34 millions €, pour un budget de construction total de 1,263 milliard € en valeur d'aujourd'hui. La façon dont se concrétise cette valeur ajoutée année par année en fonction de l'évolution prévue de la phase de construction est reproduite au tableau 3.

Construction									Total
Année	6	7	8	9	10	11	11	13	
Pourcentage	4,00 %	10,50 %	16,25 %	15,00 %	22,50 %	16,25 %	6,00 %	9,50 %	
Budget année	50,52	132,62	205,24	189,46	284,18	205,24	75,78	119,99	1263,04
Valeur ajoutée générée	22,49	59,05	91,38	84,35	126,53	91,38	33,74	53,42	562,34

Tableau 3 - Valeur ajoutée générée au cours de la phase de construction de l'infrastructure –
Données monétaires en millions €

Enfin, l'estimation de la valeur ajoutée générée en cours d'exploitation du télescope est plus complexe car, à ce stade, aucune donnée tangible quant aux coûts récurrents d'exploitation n'a encore été diffusée.

Partant de la donnée (et donc de l'hypothèse) selon laquelle l'exploitation du télescope nécessite a minima l'équivalent de 300 ETP en vitesse de croisière²¹ et que le budget nécessaire à la rémunération annuelle d'un ETP dans le cadre du projet est de 160 342 €²², ceci implique un budget d'exploitation alloué annuellement dès l'année 14 d'un montant de 48,10 millions € en valeur actuelle. Toute tranche d'emploi additionnelle de 100 ETP nécessite donc un budget d'exploitation annuel additionnel de 16,03 millions €.

6.2.2. Emploi direct et indirect généré par le projet

Pour estimer l'emploi direct généré par le projet au cours de ses 3 phases, de nouvelles données de référence sont nécessaires :

1. Dans le cadre d'un projet et donc d'un budget d'investissement, l'emploi direct est généralement calculé au départ du chiffre d'affaires que doit générer une entreprise-type participante pour générer un emploi en équivalent temps plein (1 ETP).
2. Compte tenu du cadre comptable belge actuel, qui permet à un grand nombre d'entreprises de ne pas divulguer leur chiffre d'affaires, l'estimation de ce chiffre d'affaires de référence par ETP est impossible et il faut donc parvenir à le réestimer au départ de la première donnée comptable disponible légalement pour toutes les entreprises, à savoir leur valeur ajoutée (aussi appelée techniquement leur marge brute d'exploitation).
3. Connaissant la valeur ajoutée globale générée à chaque étape du projet (discutée au point précédent), sachant que l'entreprise-type de notre ensemble d'entreprises de référence affecte 73,04% de sa valeur ajoutée au paiement de son personnel et que le coût moyen annuel type (toutes charges comprises) d'un ETP est de 52 143 €²³ pour le dernier exercice comptable disponible, nous sommes en mesure d'estimer le

²¹ Donnée transmise par les commanditaires de la présente étude.

²² Nous revenons sur cette estimation ci-après. Notons qu'elle est parfaitement convergente avec les données récoltées dans le cadre de l'étude Technopolis citée précédemment et portant sur l'étude de projets d'infrastructure comparables dans le monde.

²³ La variation entre les secteurs impliqués durant les différentes phases du projet n'est pas significative (variation de +/- 0,12%), dès lors la valeur médiane a été reprise comme base de calcul.



chiffre d'affaires nécessaire à une entreprise participante au projet ET pour générer un emploi direct à 160 342 €²⁴ soit un ratio de 6,24 ETP créé par million de budget alloué au projet (donnée à nouveau parfaitement en ligne avec les données comparables compilées dans l'étude Technopolis citée ci-avant).

Sur cette base, 1 969,28 ETP sont générés sur la durée de 5 ans de la phase de conception du projet (soit 393,86 ETP en base annuelle).

Conception						Total
Année	1	2	3	4	5	
Valeur ajoutée générée	28,12	28,12	28,12	28,12	28,12	140,58
Frais de personnel générés	20,54	20,54	20,54	20,54	20,54	
ETP générés	393,86	393,86	393,86	393,86	393,86	1969,28

Tableau 4 - Emplois directs générés lors de la phase de conception du télescope –
Données monétaires exprimées en millions €.

Quant à la phase de construction, elle génère sur les 8 années de construction un total de 7 877,12 ETP, dont la structure annuelle est détaillée au tableau 4 ci-dessous en fonction du profil de consommation du budget lors de la phase de construction établi par les autorités européennes.

Construction								Total
Année	6	7	8	9	10	11	12	13
Valeur ajoutée générée	22,49	59,05	91,38	84,35	126,53	91,38	33,74	53,42
Frais de personnel générés	16,43	43,13	66,74	61,61	92,42	66,74	24,64	39,02
ETP générés	315,08	827,10	1280,03	1181,57	1772,35	1280,03	472,63	748,33
Pourcentage	4,00 %	10,50 %	16,25 %	15,00 %	22,50 %	16,25 %	6,00 %	9,50 %
								100,00 %

Tableau 5 - Emplois directs générés lors de la phase de construction du télescope –
Données monétaires exprimées en millions €.

Enfin, s'agissant de la phase d'exploitation du site, rappelons qu'à ce stade, aucune donnée tangible quant aux coûts et conditions récurrentes d'exploitation du télescope n'a encore été diffusée et que nous partons donc de la donnée (et donc de l'hypothèse) selon laquelle l'exploitation du télescope nécessite a minima l'équivalent de 300 ETP en vitesse de croisière²⁵.

Quant à l'emploi indirect généré par le projet, il trouve son origine dans deux sources :

1. Le pourcentage des rémunérations brutes totales que le bénéficiaire d'une rémunération consacre à ses dépenses de consommation. Compte tenu du contexte fiscal et social belge actuel, cette propension marginale à consommer est de 52,25% (données combinées du Ministère de l'Économie et du Ministère des Finances).
2. Le pourcentage des achats de marchandises, fournitures, services et biens divers et sous-traitance en regard du chiffre d'affaires généré par l'entreprise-type de l'ensemble étudié. Le taux de valeur ajoutée de référence étant de 44,52%²⁶, ceci

²⁴ Donnée obtenue en partant de la rémunération annuelle type d'un ETP (52 143 €) et en combinant à rebours le taux de valeur ajoutée généré (44,52%) et la part de la valeur ajoutée affectée au paiement des rémunérations.

²⁵ Donnée transmise par les commanditaires de la présente étude.

²⁶ Voir section précédente

signifie a contrario que ces achats représentent 55,48% du chiffre d'affaires de l'entreprise de référence dans l'ensemble étudié et que ce montant représente donc lui-même le chiffre d'affaires de ces fournisseurs, quel que soit leur lieu de localisation (en Région wallonne, dans l'Euregio... ou à l'étranger). Avec ce chiffre d'affaires, ces fournisseurs génèrent eux-mêmes de l'emploi et une nouvelle activité auprès de leurs propres fournisseurs et de leur personnel. De relations « clients/fournisseurs » à relations « clients/fournisseurs » successives, la spirale de la création de l'emploi indirect est donc lancée.

Sur base des données actuelles en notre possession et toutes autres choses étant égales, nous pouvons donc estimer l'emploi indirect généré lors de l'entière de la phase de conception à 334,61 ETP pour la part imputable aux salaires et à 1 092,50 ETP pour la part imputable aux achats et à la sous-traitance. Le détail de ces résultats figure au tableau 6 ci-dessous.

Conception						Total
Année	1	2	3	4	5	
EI Salarial en ETP	66,92	66,92	66,92	66,92	66,92	334,61
ETP	218,50	218,50	218,50	218,50	218,50	1092,50

Tableau 6 - Volume de l'emploi indirect (EI) généré au cours des différentes années de la conception de l'infrastructure

De même, sur base des données actuelles en notre possession et toutes autres choses étant égales, nous pouvons estimer l'emploi indirect généré lors de l'entière de la phase de construction de l'infrastructure à 1 338,44 ETP pour la part imputable aux salaires et à 4 370,01 pour la part imputable aux achats et à la sous-traitance. Le détail de ces résultats figure au tableau 7 ci-dessous.

Construction									Total
Année	6	7	8	9	10	11	12	13	
EI Salarial en ETP	53,54	140,54	217,50	200,77	301,15	217,50	80,31	127,15	1338,44
EI Achats & Sous-traitance en ETP	174,80	458,85	710,13	655,50	983,25	710,13	262,20	415,15	4370,01

Tableau 7 - Volume de l'emploi indirect (EI) généré au cours des différentes années de la construction de l'infrastructure

Quant à l'emploi indirect généré lors de la phase d'exploitation de l'infrastructure, nous pouvons l'estimer annuellement à 50,97 ETP pour la part imputable aux salaires et à 166,43 ETP pour la part imputable aux achats et à la sous-traitance sur base de l'hypothèse qui nous est donnée de 300 ETP en base annuelle. Par ailleurs, toute tranche d'emploi additionnelle de 100 ETP générerait en base annuelle 16,99 ETP imputables aux salaires et 55,48 ETP imputables aux achats et à la sous-traitance.

Exploitation			
Année	14	15	...
ETP en base annuelle	300,00	300,00	100,00
EI Salarial en ETP	50,97	50,97	16,99
EI Achats & Sous-traitance en ETP	166,43	166,43	55,48

Tableau 8 - Volume de l'emploi indirect (EI) généré au cours des différentes années de l'exploitation de l'infrastructure

Notons encore que l'indice de création d'emplois indirects en regard de l'emploi direct ($ED+EI/ED$) proposé par l'étude Technopolis et appliqué à nos propres estimations conduit à une valeur de 1,72 totalement alignée avec les données rapportées par cette même étude au terme de l'examen des retombées de projets d'infrastructure de même ampleur que le projet ET.



7. Conclusion

Le projet européen de Télescope Einstein (ET) est un projet scientifique et industriel majeur de grande envergure au croisement des sciences de l'espace, de la physique et des technologies de la construction en grande profondeur, trois domaines de recherche fondamentale et appliquée aux retombées économiques et sociétales immenses dans un monde confronté de plein fouet au défi énergétique et de la rareté de ressources à aller chercher désormais dans l'espace et dans les grandes profondeurs terrestres.

Cet interféromètre de 3^{ème} génération prendra la forme d'une infrastructure européenne souterraine d'une taille impressionnante (un triangle aux côtés de 10 km de long et passant sous 3 frontières) et sera le premier de son genre au niveau mondial. Il aura pour objectif essentiel de répondre à de nombreuses questions scientifiques en transformant l'astrophysique gravitationnelle, encore à ses balbutiements aujourd'hui, en science de routine.

Afin de répondre à ces objectifs technologiques et scientifiques ambitieux, de nombreux défis techniques et scientifiques devront être relevés et ce, grâce à une multitude d'innovations et de développements disruptifs touchant tous les domaines de la science et de la technologie, allant de l'optique, de la cryogénie et des rayons lasers jusqu'à la mécanique de haute précision et à la construction d'infrastructures en grande profondeur qui furent historiquement des fleurons du savoir-faire technologique et scientifique wallon.

A l'heure actuelle, si deux sites sont encore en compétition pour accueillir le ET, l'Euregio se positionne déjà de façon avantageuse sur de nombreux critères, dont la décision de réalisation d'un centre de R&D spécifiquement dédié aux ondes gravitationnelles (ET Pathfinder).

Le site définitif d'implantation du ET sera sélectionné par les autorités européennes compétentes en 2021 et il importe donc de fédérer dès à présent l'ensemble des forces vives politiques, économiques, scientifiques et sociétales wallonnes et belges autour d'une volonté forte et proactive de soutien à ce projet. Pour consolider et générer ce soutien, la réalisation d'une étude des retombées économiques et sociétales qu'il va engendrer et une simulation de son impact potentiel sur le tissu économique wallon s'impose et explique la présente étude.

Techniquement, le projet ET s'articule en 3 phases successives (conception : 5 ans, construction : 8 ans, exploitation de plus de 30 ans) pour un budget total de construction et de conception de 1 578,8 millions € en valeur actuelle et un budget annuel d'exploitation récurrent de près de 50 millions € dès sa mise en service : ce milliard et demi d'euros va donc retourner vers les entreprises bénéficiaires impliquées dans les 3 phases du projet, tous territoires et tous secteurs confondus ainsi que vers les centres de recherche impliqués dans le projet. Il importe que la Wallonie en retire des fruits à la hauteur de son investissement politique, sociétal et financier dans le projet !



Les retombées potentielles pour la Région wallonne

Selon les estimations réalisées dans le cadre de la présente étude globale, **4 234 acteurs économiques wallons ont une taille critique minimale pour prétendre participer activement au projet ET et sont directement actifs à titre principal dans les secteurs identifiés comme directement impactés par le projet ET.** Sur base des informations reprises dans leurs derniers états financiers publiés, ces entreprises **représentent actuellement un volume d'emplois de près de 110 000 équivalents temps plein (ETP).**

L'intérêt des entreprises a été mesuré au cours de cette étude auprès de 25 entreprises situées en Région wallonne. **Les entretiens qualitatifs et non directifs menés avec 25 de leurs dirigeants montrent que de façon globale, le monde de l'entreprise (essentiellement industrielle) wallonne marque un intérêt certain pour le projet et exprime une volonté forte d'y participer (23/25 entreprises) :**

- Phase de préparation : durant cette phase, **17/25 entreprises ont marqué leur intérêt de participer à l'élaboration** de ce projet : ce seront surtout des bureaux d'étude et de petites et moyennes structures chargées du prototypage de composants encore à inventer ou à adapter, composants dont la fabrication ultérieure pourra générer elle-même une activité industrielle innovante et de pointe au cœur de l'Europe.
- Phase de construction : la construction du site et sa mise en opération est actuellement estimée à 8 ans. Durant cette phase, **23/25 entreprises ont marqué leur intérêt à participer aux différentes phases de la construction** de ce projet. **Le secteur de la construction sera logiquement le principal bénéficiaire** des retombées économiques générées lors de cette phase, mais avec de l'activité induite qui impactera ensuite de multiples autres secteurs (mécanique, logistique, etc.). Des secteurs fortement représentés dans le tissu économique wallon, tels que la mécanique fine de précision, l'optique de précision et l'analyse et le contrôle de vibrations bénéficieront largement des retombées du projet à ce stade.
- Phase d'exploitation : celle-ci est estimée à trente ans : durant cette phase, **18/25 entreprises ont marqué leur intérêt à participer à l'exploitation, à la maintenance et à l'amélioration continue** du télescope et de ses multiples composants technologiques.

Sur base des différentes données et hypothèses actuellement disponibles quant au design et à la planification du projet ET, la valeur ajoutée générée par le projet en Euregio au cours des différentes phases est estimée raisonnablement comme suit :

- **Au cours des 5 années de conception du télescope**, la valeur ajoutée générée s'élève à 140,58 millions €, répartis équitablement au cours des 5 années de cette phase, pour un budget total de conception de 315,76 millions €.
- **Au cours des 8 années de construction du télescope**, la valeur ajoutée générée par les entreprises participantes au projet s'élève à 562,34 millions € pour un budget de construction total de 1,263 milliard € en valeur d'aujourd'hui.
- **Enfin, au cours de l'exploitation du télescope**, l'estimation est plus difficile à réaliser en raison de l'absence de données tangibles quant aux coûts récurrents d'exploitation. Selon les hypothèses qui nous ont été communiquées, l'exploitation du télescope nécessiterait a minima l'équivalent de 300 ETP en vitesse de croisière pour un budget d'exploitation annuel d'un montant de 48,10 millions € en valeur



actuelle ; notons toutefois que toute tranche d'emploi additionnelle de 100 ETP nécessiterait un budget d'exploitation annuel additionnel de 16,03 millions €.

L'emploi direct et indirect immédiat en Euregio, selon les estimations précédentes en termes de valeur ajoutée, est estimé raisonnablement comme suit :

- **Au cours des 5 années de conception du télescope**, le nombre d'emplois directs total estimé généré est de 1 969,28 ETP (soit 393,86 ETP en base annuelle), alors que le nombre d'emplois indirects immédiat généré auprès des fournisseurs et sous-traitants et par les dépenses de consommation issues des salaires versés est de 1427,11 ETP (334,61 ETP imputables aux salaires et 1 092,50 ETP imputables aux achats et à la sous-traitance).
- **Au cours des 8 années de construction du télescope**, le nombre d'emplois directs total estimé s'élève à 7 877,12 ETP (ce nombre d'ETP en base annuelle variera selon les étapes de construction), tandis que le nombre d'emplois indirects immédiat généré auprès des fournisseurs et sous-traitants et par les dépenses de consommation issues des salaires versés est de 5708,45 ETP (1 338,44 ETP imputables aux salaires et 4 370,01 imputables aux achats et à la sous-traitance).
- **Enfin, l'exploitation du télescope récurrente durant 30 ans** nécessiterait a minima l'équivalent de 300 ETP directs annuel avec un budget d'exploitation annuel de 48,10 millions €, toute tranche d'emploi additionnelle de 100 ETP nécessitant un budget d'exploitation annuel additionnel de 16,03 millions €. Quant aux emplois indirects immédiats générés, ils s'élèvent à un total de 216,5 ETP en base annuelle (50,07 ETP pour la part imputable aux salaires et à 166,43 ETP pour la part imputable aux achats et à la sous-traitance).

De ce fait, la part d'emplois générés en Région wallonne par l'activité générée et induite par la conception, la construction et l'exploitation du Télescope Einstein peut être estimée selon les ratios suivants :

Emplois directs : 6,24 ETP par million d'euros investi en Région wallonne
Emplois totaux : 10,73 ETP par million d'euros investi en Région wallonne

Partant du constat que le site se situe sur 3 territoires et que chaque territoire bénéficie, en l'état actuel du projet, d'un point d'entrée spécifique dans l'infrastructure (une à chaque pointe du triangle), **une hypothèse simplificatrice permettrait d'imputer 1/3 des retombées socio-économiques chiffrées précédemment à la Région wallonne**. Ces retombées en Région wallonne dépendront largement directement du lobbying politique et économique mis en place au cours des prochains mois et années, qui se traduit par un investissement à la hauteur de l'envergure du projet.

Au-delà de ces retombées socio-économiques, le projet ET, au même titre que le CERN à Genève a marqué l'histoire scientifique et technologique de l'Europe, marquera l'histoire de l'Euregio et de la Région wallonne par de nombreux impacts sociétaux, techniques et scientifiques.

De nouvelles techniques et technologies en simulation, design et production seront en effet nécessaires pour répondre aux multiples challenges de ce projet d'envergure. De nombreux domaines scientifiques à haute valeur ajoutée tels que l'analyse vibratoire, l'optique de très haute précision, la cryogénie et les technologies lasers nécessiteront des développements de pointe jamais atteints qui ouvriront de nouveaux horizons en termes de marchés et d'innovations. Le projet permettra ainsi de mettre en valeur et de pérenniser le savoir-faire Wallon industriel et technique sur la durée du projet et au niveau international. Il (re)mettra par ailleurs les sciences physiques et astronomiques et les géosciences au cœur du développement économique et technologique de la Région.

De plus, la croissance induite des entreprises impliquées dans ce projet et l'attrait de celui-ci devrait favoriser au même titre qu'au CERN, le foisonnement de start-ups et spin-offs extrêmement innovantes dans les domaines concernés, l'émergence de nouvelles vocations pour ces métiers à haute valeur ajoutée et le développement d'innovations à l'heure actuelle encore inimaginables comme ce fut le cas du Web en 1990 au CERN.

Enfin, les partenariats scientifiques et technologiques de haut niveau dans ces domaines étroitement liés au déploiement de ce projet consolideront le rôle économique, technologique et scientifique de l'Euregio et renforceront l'attractivité et la compétitivité de ses entreprises au travers d'un label d'excellence technologique avéré et reconnu.

Enfin, le site en lui-même pourrait être rendu original et attractif au niveau mondial, notamment en termes touristiques. Le Télescope Einstein est en effet encore à ce jour une première scientifique mondiale et sa localisation au cœur d'une région déjà reconnue pour son attrait touristique et environnemental devrait permettre, si une politique volontariste en la matière est vite mise en place, d'en faire un nouveau site touristique majeur au plan européen et mondial.

Les externalités en Région wallonne

Des externalités et points d'attention ont été inévitablement mis en évidence et exigent donc un intérêt et une gestion anticipative proactive pour faire de ce projet ambitieux un succès et une vitrine du savoir-faire scientifique et technologique wallon.

La réalisation de ce projet dépendra en majorité de la force de travail disponible, avec des compétences souvent hautement spécifiques à chaque corps de métier. Or, de nombreux secteurs et niveaux de qualification différents, de l'ouvrier à l'ingénieur, font face à une pénurie déjà significative, se traduisant potentiellement par la limitation de la capacité des entreprises en Région wallonne à pouvoir répondre aux appels de marché.

Lors de l'état des lieux dressé par les participants au « focus group » mis en place dans le cadre de la réalisation de la présente étude, les experts réunis ont mis en évidence tout particulièrement les métiers en pénuries suivants : instrumentistes, automaticiens, tuyauteurs, soudeurs agréés, électromécaniciens, usineurs, tourneurs, fraiseurs, opérateurs laser, opérateurs poinçonnage, opérateurs plieur en tôlerie, programmeurs en tôlerie, l'ensemble des métiers liés à la gestion du risque en radioactivité et espace confiné, experts en optique laser, techniciens en optique de précision, peintres industriels, ingénieurs (toutes catégories),



hydrauliciens, chefs mécanicien, opérateurs tunneliers (qui ne sont que 4 en Région wallonne), mécaniciens, indépendamment de leur genre (F/H).

Plusieurs obstacles sociétaux ont par ailleurs été mis en évidence lors de nos études de terrains et de nos rencontres avec les professionnels des secteurs concernés par le projet ET. Ainsi, le forage de tunnels et puits produira inévitablement des déblais rocheux : il faudra donc prévoir une manière environnementalement responsable d'évacuer ces déblais. Ensuite, la phase de construction engendrera un trafic poids lourds intense dans la zone géographique sélectionnée et ses proches alentours, trafic qu'il faudra gérer dans cette région fortement touristique. Enfin, il sera impératif de concilier le projet scientifique et industriel qui fait toute la richesse et le potentiel du télescope ET avec la nature d'une zone perçue comme naturelle et protégée de l'activité humaine.

De manière plus globale, le défi majeur perçu sera de parvenir à maintenir un équilibre politique, économique et sociétal au sein et autour du projet. Il sera par exemple complexe, voire impossible, de concilier le fonctionnement du télescope pour des raisons de vibrations sismiques avec une relance de l'activité minière (plomb et zinc) à La Calamine, qui se situe à proximité du site visé alors même qu'une activité minière est plus porteuse de développement économique local à court terme mais représente une faible valeur ajoutée scientifique. Des arbitrages et des choix politiques, économiques et sociétaux difficiles et courageux devront donc parfois être réalisés et ce, dans des délais courts sous peine de ralentir, voire de perdre, ce projet d'une importance majeure.

Au sein de l'Euregio, les cultures de travail peuvent en outre parfois être très difficiles à concilier. Enfin, l'aspect transfrontalier et le maintien de son équilibre pourrait poser des difficultés politiques.

Facteurs clés de succès du projet ET et importance du soutien politique

Les conditions pour faire du Télescope Einstein un succès scientifique, technique, technologique et socio-économique sont légions et devront être traitées avec diligence mais aussi une vision sur le (très) long terme. Le soutien politique, économique, social et sociétal à ce projet apparaît clairement, pour la très grande majorité des acteurs de terrain interrogés, comme étant le facteur critique conditionnant la réussite de ce projet en Euregio ainsi que l'ampleur de ses retombées sur la région wallonne. Ce soutien se traduira, entre autres, au travers des axes décrit ci-dessous.

La vision politique à long terme au niveau du tissu économique wallon aura pour objectif essentiel de consolider celui-ci en soutenant l'engagement financier des entreprises en matière d'investissements nécessaires que celles-ci devront réaliser pour supporter le développement et l'investissement dans leurs ressources immatérielles, en termes de ressources humaines, techniques et technologiques, ainsi que dans leurs ressources matérielles en termes d'équipements et d'infrastructures. Pour cela, un engagement financier ambitieux de la région wallonne envers le projet ET autorisera un retour sur investissement de taille auprès des entreprises engagées dans le projet, pérennisant ainsi leur activité sur le long terme, et offrira les garanties nécessaires aux entreprises pour se lancer dans le projet sur le long terme sans crainte de voir celui-ci avorter en cours de route. Ce soutien fort favorisera ensuite, au plan économique et sociétal, l'émergence d'un cercle vertueux au



travers de l'exploitation future des développements et innovations découlant des besoins du projet.

De plus, le soutien politique du tissu économique en Région wallonne passe par la volonté délibérée et continue de professionnaliser les PME des secteurs concernés, en renforçant leur capacité à répondre aux marchés publics, de gérer de manière anticipée les risques de voir ces marchés publics attribués à des entreprises d'autres régions bénéficiant d'un contexte compétitif plus favorable, ainsi que par la mise en place de conditions administratives et décrétales favorisant la mise en place de synergies et de partenariats inter et intra secteurs de manière à permettre à des groupes informels d'entreprises (notamment les plus petites d'entre elles) de répondre à des situations inédites en termes de challenges techniques ou de volumes.

En outre, cet engagement politique doit s'inscrire dans un contexte géopolitique plus global au travers d'une interaction forte et agile avec les différents partenaires du projet en Euregio, mais aussi au sein de la Belgique, pour la mise en place du management du ET et des mécanismes d'attribution des marchés publics et ce afin d'éviter notamment qu'une quelconque partie ne soit lésée et que les conditions d'une concurrence déloyale ne soient insidieusement mises en place.

Pour finir, la réalisation d'un projet d'envergure aussi ambitieux que le projet ET doit être soutenu à tous les échelons d'une région, notamment au niveau de l'ensemble de la Région wallonne. La communication et la sensibilisation au projet ET, accessible à tous par une vulgarisation adéquate, devra convaincre le grand public et les acteurs du tissu économique de l'intérêt du projet d'un point de vue scientifique mais aussi du point de vue socio-économique : les retombées positives du projet au niveau de la région wallonne à court, moyen et long terme n'auront de cesse d'être mises en exergue. Pour que ce projet soit une réussite pour la Région wallonne, ce projet doit être perçu comme un projet porteur et novateur pour l'ensemble de la région et de ses citoyens.



8. Annexes

8.1. Triangulation par les experts

8.1.1. Liste des experts présents au focus group du 21 mai 2019

Nom	Expertise	Société	Industry/academic
Agathe Defourny	Groundwater	SPADEL	Industry
Alain Dassargues	Groundwater	SPADEL	Industry
Christian Treve	Civil engineering and Tunneling	BAM/GALÈRE/CFE/EIFFAGE	Industry
Christophe Colette	Seismic isolation	ULB	Academic
Daniel Simon	Métrologie optique / vibration	OPTRION/V2I	Industry
Frédéric Nguyen	Geophysics	ULIÈGE	Academic
Giovanni Sanna	Fabrication mécanique	BRITTE	Industry
Hans Balder Havenith	Geological risks	ULIÈGE	Academic
Henry de Frahan	Fabrication mécanique	MECASOFT	Industry
Christophe Delrez	Cuves+ technique du vide / Precision Mechanics	ATELIERS DE LA MEUSE	Industry
Bill Collin	Cuves+ technique du vide / Precision Mechanics	ATELIERS DE LA MEUSE	Industry
Philippe Saint-Georges	Calcul thermo-optique et thermomécanique	OPEN ENGINEERING	Industry
Sebastien Viroux	Civil engineering and Tunneling	BAM/GALERE/CFE/EIFFAGE	Industry



8.1.2. Fiche de collecte des informations utilisée lors du focus group du 21 mai 2019

Projet ET – Fiche « Focus Group Expertises Métier en vue de l'évaluation des retombées socio-économiques du projet »

Nom

Prénom

Adresse mail

Domaine(s) d'expertise

Identification des activités/tâches à mener lors des phases Etude, Construction et Exploitation du projet du point de vue de votre métier/expertise (par ordre de criticité décroissant)

- | | |
|---|---------------------------|
| 1 | Phase surtout concernée : |
| 2 | Phase surtout concernée : |
| 3 | Phase surtout concernée : |
| 4 | Phase surtout concernée : |
| 5 | Phase surtout concernée : |
| 6 | Phase surtout concernée : |
| 7 | Phase surtout concernée : |

Identification des partenaires 'entreprises' et 'recherche' clés impliqués dans ces différentes activités/tâches à mener du point de vue de votre métier/expertise respectif

- | | |
|---|---------------------------|
| 1 | Phase surtout concernée : |
| 2 | Phase surtout concernée : |
| 3 | Phase surtout concernée : |
| 4 | Phase surtout concernée : |
| 5 | Phase surtout concernée : |
| 6 | Phase surtout concernée : |
| 7 | Phase surtout concernée : |

Identifier des retombées positives (bénéfices) espérées liées au déploiement de ces activités/tâches du point de vue de votre métier respectif

- 1
- 2
- 3
- 4
- 5

Identifier des conséquences négatives (externalités) et des freins perçus liés au déploiement de ces activités/tâches du point de vue de votre métier respectif

- 1
- 2
- 3
- 4
- 5

8.2. Triangulation microéconomique

8.2.1. Liste des entreprises et contacts pris

Société	Personne interrogée	Fonction	E-mail
ACM AGSA	Pierre-Frédéric THOMAS	Technical Director	pierre.frederic.thomas@acmetall.com
AMOS	Xavier VERIANS	Director Business Development	pog@amos.be
ARCEO	Hugues CORNIL	Directeur opérationnel & co-CEO	hugues.cornil@arceo-eng.com
BRITTE	Giovanni SANNA	CEO de 2010 à novembre 2018, actuellement consultant part time	gsa@britte.be
DEDECKER PRECISION MECHANICS (FERONYL) - SUB ALLIANCE	Johan COUSSENS	CSO - Strategic Director	feronyl@feronyl.com
FIRE SAFETY CONSULTING	Perry PRESCIUTTI	CEO	pp@fscint.eu
GALERE (ROYAL BAM GROUP)	Sébastien VIROUX	Business Development Manager	s.viroux@galere.be
GEOTOP	Laurent DESPINEUX	Business Development Manager	info@geotop.be
GRAUX	Julien CHANTEUX	Directeur - ingénieur commercial	j.chanteux@graux.be
I-CARE	Fabrice BRION	CEO	fabrice.brion@icareweb.com
JADITION	Sylvain FOURNEAU	Project Manager	sylvain.fourneau@jadition.be
KARL HUGO - MECHANICAL ENGINEERING	Stephan HUGO	CEO - Technical Director	stephan.hugo@karlhugo.com
LASEA	Jose A. RAMOS	Directeur R&D	jaramos@lasea.com
MECANIC SYSTEMS	Alain DEVOS	Directeur	a.devos@mecanic-systems.be
MECASOFT	Henry DE FRAHAN FRANCIS	Administrateur-délégué	contact@mecasoft.be
METALSAB	Mme CARUANA	Responsable comptabilité	compta@metalsab.be
MICROMEGA DYNAMICS	Nicolas LOIX	General Manager	nloix@micromega-dynamics.com
OPEN ENGINEERING	Philippe SAINT-GEORGES	Optical Engineer	p.saintgeorges@open-engineering.com
OPLUSR	Jean-Philippe BERLENGEE	Administrateur-délégué	jp.berlengee@oplusr.be
POLMANS	Daniel POLMANS	CEO	sa.polmans@polmans.be
RESARM ENGINEERING PLASTICS	René GAILLARD	Directeur	rene.gaillard@resarm.com
RP PROTECT	Christian HUNIN	Expert en radioprotection - Formateur en sécurité - Consultant en sûreté	christian.hunin@yahoo.fr
SPANTECH BELGIUM	Pierre DES CRESSONNIERES	Key Account Manager	pierre@span-tech.com
SULZER (ENSIVAL MORET BELGIUM)	Christian AERTS	Sales Director	christian.aerts@sulzer.com
TEMPCO	Frédéric BONHOMME	CEO	fb@tempco.be

8.2.2. Guide d'entretien semi-directif

Société :

Personne interrogée :

Fonction :

Contact (email/téléphone) :

Date de l'entretien :

Contexte de l'entreprise actuelle

1. Pourriez-vous décrire brièvement les **activités de votre entreprise en relation** avec le type de projet mentionné ?
2. Combien d'**ETP** employez-vous actuellement ? (spécifiquement pour des projets du même type)
3. Avez-vous déjà participé à des **projets de grandes infrastructures** de type CERN, ou autre ? Pourriez-vous les citer et donner un ordre de grandeur de l'impact sur votre CA/nbr ETP ?

Participation au CERN

4. **En tant que fournisseur pour le CERN**, selon les données du CERN, vous avez été sous-traitant pour un montant global de CA de XXXX€. (Voir liste fournisseurs CERN)
 - 4.1. Quelles ont été les retombées économiques ? (ETP, CA...)
 - 4.2. Y a-t-il eu d'autres retombées positives/négatives ?
 - 4.3. Ces retombées ont-elles été limitées pour une quelconque raison (distance CERN – BE, ressources matérielles/immatérielles insuffisantes ?)

Participation au projet ET

5. Avez-vous l'**intention de participer à ce projet** et à quel niveau :
 - 5.1. Préparation (ET Pathfinder)
 - 5.2. Construction (ET)
 - 5.3. Exploitation (ET)
6. Disposez-vous des **ressources nécessaires** en termes de :
 - 6.1.1. Ressources matérielles (infrastructures, équipements, finances, etc.) ? Des investissements seraient-ils à prévoir ?
 - 6.1.2. Ressources immatérielles (compétences spécifiques en interne, suffisamment de personnel, etc.) ?
7. Un projet de cette envergure vous inciterait-il à **recruter des ETP** supplémentaires ?
 - 7.1. Quels types de profils & combien ? (Ig, gestionnaire, technique...)
 - 7.2. Quelle serait la part d'emploi régional et non régional ? (non régional – une partie devra-t-elle être sous-traitée ? et où ?)



- 7.3. Pouvez-vous identifier des métiers en pénurie sur le territoire wallon pour ce projet ?
(voir UE)
8. Quelles seraient les **retombées positives** pour votre entreprise ? (R&D, CA, notoriété, autre ?) et en **comparaison avec le CERN ou un autre site d'installation de projet ET** (sites envisagés : Euregio, Sardaigne)
9. Pourriez-vous citer vos **fournisseurs qui seraient impactés** dans le cadre de ce projet ?
(rangs 1 & 2) (préciser la localisation des fournisseurs)
10. Quels seraient les **freins** à la participation de ce projet ?
11. Avez-vous d'autres commentaires, publications, contacts que vous jugeriez pertinents de nous communiquer au regard du sujet et de cette étude ?



8.3. Triangulation macroéconomique

8.3.1. Estimation des ETP directs/indirects sur projets similaires²⁷

Table 1 Economic data for various research infrastructures. Currencies in millions EUR 2013. The figures

Research Infrastructure	Time window (year s)	Gross expenditure (M€)	Gross benefits (M€)	Net benefits (M€)	Direct employment (person -years)	Total employment (person -years)	Direct FTE/ M€	Total FTE/ M€	Multi-plier	Original currency
CERN LHC	33	13,500	16,400	2,900	-	-	-	-	1.21	EUR 2013
FERMILAB	1	385	517	132	1,942	4,529	5.1	11.8	1.34	USD 2010
SKA	10	195	306	112		1,550		8	1.57	EUR 2016
SRS	27	739	1,234	495	6,183	-	7.7	-	1.67	GBP 2010
TRIUMF	10	390	687	297	5,311	11,733	13.6	30.1	1.76	CAD 2013
CERN (1993 study)	1	917	-	-	3,000		6.0			CHF1993
Australian Synchrotron	25	500	867	367	-	11025		22.1	1.73	AUD 1999

Time window: The period of time in years under consideration for establishing the effects of the installation (y). A larger time window means more costs for operations but also more employment generated; **Gross expenditures** The sum of all expenditures (M€) attributable to the installation (capital and operational) over the time window considered. Note that for most studies, the actual construction of the infrastructure does not fall within the time window; **Gross benefits** All benefits (M€) accrued attributable to the research infrastructure within the time window; **Net benefits** Gross benefits minus gross expenditures (M€); **Direct employment** Full Time Employment (FTE) years summed over the lifetime of the installation (also known as "person years" or "man-years"), directly paid by the research infrastructure or its contractors; **Total employment** Sum in person years of direct and indirect employment (caused e.g. by spending salaries of those directly employed in the region); **Direct FTE/M EUR** Calculated as direct employment divided by the gross expenditures; **Total EUR/FTE** Calculated as total employment divided by the gross expenditures; **Multiplier** Calculated as gross benefits divided by the gross expenditures. "For every X euro I invest, I get [multiplier]*X euros in return.

8.3.2. Retombées scientifiques : publications sur la thématique des ondes gravitationnelles

Figure 5 Articles on "gravitational waves" per year. Source: graph made by Technopolis, data from Scopus, search on "gravitational waves"



Source: Technopolis Group

²⁷ Source: Technopolis, Impact assessment of the Einstein Telescope

8.3.3. Liste des codes NACE identifiés

3. NACE-BEL 2008, Seulement les codes primaires: 08 - Autres industries extractives, 09 - Services de soutien aux industries extractives, 222 - Fabrication de produits en plastique, 232 - Fabrication de produits réfractaires, 235 - Fabrication de ciment, de chaux et de plâtre, 236 - Fabrication d'ouvrages en béton, en ciment ou en plâtre, 237 - Taille, façonnage et finissage de pierres, 242 - Fabrication de tubes, de tuyaux, de profilés creux et d'accessoires correspondants en acier, 243 - Fabrication d'autres produits de première transformation de l'acier, 245 - Fonderie de métaux, 25 - Fabrication de produits métalliques, à l'exception des machines et des équipements, 261 - Fabrication de composants et cartes électroniques, 263 - Fabrication d'équipements de communication, 265 - Fabrication d'instruments et d'appareils de mesure, d'essai et de navigation; horlogerie, 267 - Fabrication de matériels optiques et photographiques, 268 - Fabrication de supports magnétiques et optiques, 271 - Fabrication de moteurs, de génératrices et de transformateurs électriques, de matériel de distribution et de commande électrique, 272 - Fabrication de piles et d'accumulateurs électriques, 273 - Fabrication de fils et de câbles et de matériel d'installation électrique, 274 - Fabrication de lampes et d'appareils d'éclairage électrique, 279 - Fabrication d'autres matériels électriques, 281 - Fabrication de machines d'usage général, 282 - Fabrication d'autres machines d'usage général, 284 - Fabrication de machines de formage des métaux et de machines-outils, 289 - Fabrication d'autres machines d'usage spécifique, 33 - Réparation et installation de machines et d'équipements, 37 - Collecte et traitement des eaux usées, 3821 - Traitement et élimination des déchets non dangereux, 390 - Dépollution et autres services de gestion des déchets, 42 - Génie civil, 43 - Travaux de construction spécialisés, 4941 - Transports routiers de fret, 611 - Télécommunications filaires, 612 - Télécommunications sans fil, 613 - Télécommunications par satellite, 62 - Programmation, conseil et autres activités informatiques, 651 - Assurance, 652 - Réassurance, 691 - Activités juridiques, 72 - Recherche-développement scientifique, 741 - Activités spécialisées de design, 749 - Autres activités spécialisées, scientifiques et techniques n.c.a.



3. NACE-BEL 2008, Seulement les codes primaires: 08 - Autres industries extractives, 09 - Services de soutien aux industries extractives, 222 - Fabrication de produits en plastique, 232 - Fabrication de produits réfractaires, 235 - Fabrication de ciment, de chaux et de plâtre, 236 - Fabrication d'ouvrages en béton, en ciment ou en plâtre, 237 - Taille, façonnage et finissage de pierres, 242 - Fabrication de tubes, de tuyaux, de profilés creux et d'accessoires correspondants en acier, 243 - Fabrication d'autres produits de première transformation de l'acier, 245 - Fonderie de métaux, 25 - Fabrication de produits métalliques, à l'exception des machines et des équipements, 261 - Fabrication de composants et cartes électroniques, 263 - Fabrication d'équipements de communication, 265 - Fabrication d'instruments et d'appareils de mesure, d'essai et de navigation; horlogerie, 267 - Fabrication de matériels optiques et photographiques, 268 - Fabrication de supports magnétiques et optiques, 271 - Fabrication de moteurs, de génératrices et de transformateurs électriques, de matériel de distribution et de commande électrique, 272 - Fabrication de piles et d'accumulateurs électriques, 273 - Fabrication de fils et de câbles et de matériel d'installation électrique, 274 - Fabrication de lampes et d'appareils d'éclairage électrique, 279 - Fabrication d'autres matériels électriques, 281 - Fabrication de machines d'usage général, 282 - Fabrication d'autres machines d'usage général, 284 - Fabrication de machines de formage des métaux et de machines-outils, 289 - Fabrication d'autres machines d'usage spécifique, 33 - Réparation et installation de machines et d'équipements, 37 - Collecte et traitement des eaux usées, 3821 - Traitement et élimination des déchets non dangereux, 390 - Dépollution et autres services de gestion des déchets, 42 - Génie civil, 43 - Travaux de construction spécialisés, 4941 - Transports routiers de fret, 611 - Télécommunications filaires, 612 - Télécommunications sans fil, 613 - Télécommunications par satellite, 62 - Programmation, conseil et autres activités informatiques, 651 - Assurance, 652 - Réassurance, 691 - Activités juridiques, 72 - Recherche-développement scientifique, 741 - Activités spécialisées de design, 749 - Autres activités spécialisées, scientifiques et techniques n.c.a.

