

Proposition d'étude et de consultation portant sur l'usage des infrastructures géodésiques

Rapport du Groupe de travail « Usages des infrastructures
géodésiques » de la commission Géopositionnement du CNIG

– Version 2.03 –

Table des matières

Introduction.....	1
1. Contexte.....	2
1.1. Introduction.....	2
1.2. Historique des travaux.....	3
1.2.1. La Commission Géopositionnement du CNIG.....	3
1.2.2. Demande initiale de l'IGN.....	4
1.2.3. Travaux du groupe.....	4
1.3. Définitions retenues dans ce document.....	5
1.4. Plan du rapport.....	6
2. Infrastructures géodésiques existantes.....	8
2.1. Infrastructures géodésiques d'appui à la référence nationale.....	8
2.1.1. Zone terrestre.....	8
2.1.1.1. Réseau GNSS Permanent.....	8
2.1.1.2. Réseaux matérialisés de géodésie.....	10
2.1.1.3. Réseaux matérialisés de nivellement.....	10
2.1.1.4. Réseaux matérialisés de gravimétrie.....	11
2.1.2. Zone maritime.....	12
2.2. Infrastructures géodésiques d'appui à des activités spécifiques.....	13
2.2.1. Administration publique centrale.....	13
2.2.2. Établissements publics à caractère scientifique et technologique (EPST).....	14
2.2.2.1. Infrastructure de recherche RESIF-EPOS (EPOS-France).....	14
2.2.2.2. Infrastructure de recherche littorale et côtière (ILICO).....	15
2.2.2.3. Réseau Centipède.....	15
2.2.3. Entreprises publiques.....	16
2.2.3.1. SNCF Réseau.....	16
2.2.3.2. EDF.....	16
2.2.4. Collectivités territoriales.....	16
2.2.5. Secteur privé.....	18
2.2.5.1. Fournisseurs de services d'augmentation GNSS.....	18
2.2.5.2. Compagnie Nationale du Rhône.....	18
2.2.5.3. Géomètres experts.....	19
2.3. Besoins relatifs aux infrastructures.....	19
2.3.1. Volume d'usage.....	19
2.3.2. Cycle d'entretien.....	20
2.3.3. Besoins d'optimisation.....	21
2.3.3.1. Constats initiaux.....	21
2.3.3.2. Évolutions engagées.....	22
2.3.4. Évaluation des besoins.....	22
3. Périmètre proposé pour une étude sur l'usage des infrastructures géodésiques.....	24
3.1. Objet de l'étude.....	24
3.2. Périmètre géographique.....	24
3.3. Périmètre technique.....	25
3.4. Périmètre thématique.....	26
3.4.1. Aménagement du territoire.....	26
3.4.2. Exploitation des ressources du sous-sol.....	26

3.4.3. Prévention et gestion des risques.....	26
3.4.3.1. Risques liés au mouvement du sol.....	27
3.4.3.2. Aléa inondation.....	27
3.4.3.3. Météorologie.....	28
3.4.3.4. Analyse du brouillage des signaux GNSS.....	28
3.4.4. Recherche scientifique.....	28
3.4.4.1. Déformation tectonique et sismologie.....	28
3.4.4.2. Niveau moyen des mers.....	29
3.4.4.3. Évolution du climat.....	30
3.4.5. Autres services aux acteurs de l'économie.....	30
3.4.6. Entretien de la référence géodésique nationale.....	30
3.4.6.1. Réseaux matérialisés de nivellement.....	31
3.4.6.2. Réseaux matérialisés de géodésie.....	31
3.4.6.3. Réseaux matérialisés de gravimétrie.....	31
3.4.6.4. Réseau GNSS Permanent.....	32
3.5. Cartographie des acteurs.....	32
3.5.1. Producteurs d'infrastructures.....	32
3.5.1.1. Services centraux et opérateurs de l'État.....	32
3.5.1.2. Entreprises publiques.....	33
3.5.1.3. Les collectivités locales.....	33
3.5.1.4. Le secteur privé.....	33
3.5.2. Usagers directs.....	33
3.5.2.1. Maîtrise d'œuvre.....	33
3.5.2.2. Maîtrise d'ouvrage.....	34
3.5.3. Usagers indirects.....	34
4. Définition détaillée d'une consultation des acteurs.....	35
4.1. Objet de la consultation.....	35
4.2. Identité.....	36
4.2.1. Périmètre visé.....	36
4.2.2. Attendus concernant l'identité.....	36
4.3. Finalité de l'activité.....	37
4.4. Activité.....	37
4.4.1. Utilisateurs directs.....	38
4.4.1.1. Questions générales.....	38
4.4.1.2. Utilisateurs en charge d'entretien d'infrastructures géodésiques.....	39
4.4.2. Utilisateurs indirects.....	40
4.4.3. Attendus spécifiques aux personnes maîtres d'ouvrage / donneurs d'ordre.....	41
4.4.4. Attendus spécifiques aux personnes maître d'œuvre.....	41
4.5. Moyens techniques mis en œuvre.....	41
4.6. Degré d'exigence.....	42
4.6.1. Précision.....	42
4.6.1.1. Utilisateurs directs.....	43
4.6.1.2. Utilisateurs indirects.....	43
4.6.2. Densité.....	43
4.6.3. Actualité et disponibilité.....	44
4.6.3.1. Applications temps réel ou quasi réel.....	44
4.6.3.2. Applications en temps différé.....	44
4.6.4. Pérennité.....	45
4.6.5. Accès aux données.....	45
4.6.6. Complexité opérationnelle.....	45
4.7. Prospective sur les besoins futurs.....	46
Annexe 1 : Liste des membres du Groupe de travail « Usages des infrastructures géodésiques ».....	47
Annexe 2 : Sigles et acronymes.....	48

Introduction

Ce travail fait suite à une demande de l'Institut national de l'information géographique et forestière (IGN) adressée à la commission Géopositionnement du Conseil national de l'information géolocalisée (CNIG). En charge de l'entretien des références géodésiques nationales terrestres, l'IGN a demandé à la commission un appui pour la définition d'une étude qui permettrait de mieux cerner le besoin de la société en matière d'infrastructures géodésiques.

Une telle étude est souhaitée par l'IGN pour appuyer sa réflexion sur l'entretien à long terme de ces infrastructures, qui représentent une charge conséquente pour l'État (plus de 400 000 points matérialisés si l'on prend en compte le réseau historique).

L'évolution récente des technologies, qui accroissent progressivement les usages de ces références, ainsi que des besoins, amplifiés par les phénomènes liés au changement climatique, a conduit l'IGN à envisager une étude concernant l'ensemble des infrastructures dont il a la charge, pour laquelle un conseil extérieur appuyé sur une diversité de compétences apparaissait nécessaire.

En réponse à cette demande, la commission Géopositionnement a mis en place un groupe de travail dédié. Ce rapport présente les conclusions de ce groupe de travail.

La section 1 du rapport (section 1), détaille les éléments de contexte de ce travail : ses motivations (section 1.1), son historique (section 1.2) ainsi que les définitions adoptées (section 1.3). La section 2 présente les infrastructures existantes et les informations disponibles sur leurs usages. Cet état des lieux conforte la nécessité d'une étude large sur les besoins en matière d'infrastructure géodésique. Les sections 3 et 4. constituent une proposition en ce sens : la première en définit le périmètre, la seconde détaille les éléments de la consultation qui viendraient appuyer cette étude large.

1. Contexte

1.1. Introduction

Selon les termes du décret n°2011-1371 du 27 octobre 2011 relatif à l'Institut national de l'information géographique et forestière, l'IGN est chargé de « concevoir et constituer une infrastructure géodésique cohérente avec les systèmes internationaux, et assurer la gestion du système national de référence géographique, gravimétrique et altimétrique ».

Le décret n°2000-1276 précise « Art. 2.-L'Institut national de l'information géographique et forestière en zone terrestre et le service hydrographique et océanographique de la marine en zone maritime entretiennent et publient en ligne l'information relative aux systèmes de référence [...] ainsi que les éléments nécessaires à leur utilisation au travers des systèmes de référence de coordonnées les plus couramment utilisés sur le territoire national. Ils publient en ligne les modifications de ces informations utiles à la traçabilité des coordonnées dans le temps ».

Ainsi, dans le cadre de sa mission, l'IGN entretient une infrastructure géodésique constituée de points matérialisés dont les coordonnées sont déterminées précisément ou sur lesquels l'accélération de pesanteur est déterminée avec précision. Ces points sont matérialisés soit par un repère (borne géodésique ou repère de nivellement,...) soit par un équipement (par exemple les antennes du Réseau GNSS Permanent dont les données sont publiques).

En nombre, cette infrastructure est avant tout constituée de repères de nivellement. Ainsi, pour la seule métropole, le réseau historique de nivellement matérialisant la référence légale d'altitude NGF-IGN 1969¹ compte près de quatre cent mille repères. Dans les années 2000, l'importance de ce réseau a conduit l'IGN à définir une stratégie d'entretien optimisée, compromis entre les besoins des usagers et la capacité d'intervention de l'institut. Sur la base d'une enquête menée auprès des usagers², identifiant les besoins d'accès de ces derniers à la référence nationale avec une précision millimétrique, environ 13 000 triplets de repères (soit environ 40 000 repères au total) ont été sélectionnés de manière à ce que la référence demeure accessible à moins d'un kilomètre de tout village.

Sauf exception, seuls ces repères sont aujourd'hui entretenus.

1 Arrêté du 5 mars 2019 portant application du décret n° 2000-1276 du 26 décembre 2000 modifié portant application de l'article 89 de la loi n° 95-115 du 4 février 1995 modifiée d'orientation pour l'aménagement et le développement durable du territoire relatif aux conditions d'exécution et de publication des levés de plans entrepris par les services publics

2 P. Bonnetain (2000) *Rapport sur l'utilisation des repères de nivellement du réseau français de nivellement de précision (NGF – RFNP)*, IGN-SGM, DT n. 279850100, février 2000.

En 2022, un premier cycle complet d'entretien systématique des repères s'est achevé, incluant visite, restauration des destructions, observation des repères incohérents, mise à jours des altitudes, et faisant, dans le même temps, apparaître le besoin d'un bilan quant à leur utilisation.

Parallèlement, au cours des deux décennies écoulées, l'IGN a constaté d'une augmentation graduelle des exigences de précision pour de nombreuses applications : l'avènement de GALILEO et la multiplication des signaux de navigation disponibles améliore l'accès à la géolocalisation de classe de précision centimétrique, la surveillance des mouvements du sol par interférométrie radar par satellite³ pouvant atteindre une précision millimétrique, le développement des technologies quantiques annonce des besoins nouveaux en matière d'harmonisation continentale des altitudes pour la détermination du temps international,...

L'IGN note également l'importance croissante de la géodésie pour la surveillance de l'environnement, soulignée en particulier par la résolution A/RES/69/266 « Repère de référence géodésique mondial pour le développement durable » de l'ONU lors de son assemblée générale du 26 février 2012.

C'est dans ce contexte, que l'IGN a souhaité que soit entreprise une enquête de besoin concernant l'ensemble des infrastructures dont il a la charge, et a demandé pour cela l'appui de la commission Géopositionnement du Conseil national de l'information géolocalisée (CNIG).

1.2. Historique des travaux

1.2.1. La Commission Géopositionnement du CNIG

Le Conseil national de l'information géolocalisée (CNIG) « est chargé d'étudier les questions relatives aux données dont l'information de localisation est essentielle et qui peuvent être géoréférencées. Il se concentre sur les enjeux et les perspectives de l'information géolocalisée qui concourent au déploiement des politiques publiques ».

Il a pour missions « d'informer et de conseiller le Gouvernement dans l'élaboration, la conduite et l'évaluation des politiques et de l'action publiques auxquelles concourt l'information géolocalisée » et « de mener des missions de prospective, d'expertise, d'étude ou de consultation, en son sein ou en mandatant des partenaires »⁴.

La Commission Géopositionnement du CNIG conduit des travaux relatifs aux « techniques de géopositionnement à terre, en mer, sous la terre, sous les mers, dans les airs ou dans l'espace ». Elle est chargée d'étudier tout types de problèmes liés au géopositionnement dans tous ces environnements, qu'il s'agisse d'objets fixes ou mobiles.

3 Notamment depuis la publication du service Copernicus EGMS (<https://land.copernicus.eu/pan-european/european-ground-motion-service>, en anglais)

4 <https://www.legifrance.gouv.fr/jorf/id/JORFTEXT000046242476/>

1.2.2. Demande initiale de l'IGN

La demande initiale a été adressée à la commission Géopositionnement par l'IGN lors de sa réunion du 14 octobre 2021, afin d'évaluer les besoins actuels et futurs en matière d'infrastructure géodésique. L'objectif de l'IGN est d'optimiser les réponses apportées en matière d'accès à la référence légale et d'organiser en conséquence son action à long terme⁵.

Afin de répondre à cette demande, lors de sa réunion du 24 mars 2022, la commission Géopositionnement a constitué un groupe de travail ad hoc temporaire dénommé « Usages des Références Géodésiques et des Équipements Matérialisés du Territoire », ou plus brièvement « GT UIG (Usages de infrastructures géodésiques) »⁶, avec les objectifs suivants :

- rassembler les acteurs concernés ;
- rédiger un cahier des charges d'étude et de consultation portant sur l'usage des infrastructures géodésiques nationales à proposer à l'IGN ;
- proposer des modalités de mise en œuvre de l'étude et d'évaluation des résultats.

A sa création, le GT UIG a été constitué de personnels de l'IGN (animation, secrétariat), de SNCF-Réseau, de la CNR, des sociétés TERIA et SatInfo, des écoles ESGT et INSA Strasbourg et de l'association des ingénieurs et géomètres de Suisse occidentale. En vertu du mode de fonctionnement du CNIG et, dans le cas particulier, de sa commission Géopositionnement, ces personnels apportent leur expertise en leur nom propre et non au nom de leur organisme.

1.2.3. Travaux du groupe

Le groupe de travail s'est réuni à cinq reprises les 1^{er} juin, 9 septembre, 12 octobre, 5 décembre 2022, et 16 mars 2023 afin d'échanger et de formaliser le présent rapport. Les échanges se sont aussi faits par courrier électronique et à l'aide de la plateforme RESANA.

Les comptes-rendus et les supports utilisés en réunion sont accessibles sur le site du CNIG⁷. Les travaux menés au sein du groupe de travail ont par ailleurs fait l'objet d'une présentation auprès de la commission Besoins et usages du CNIG le 20 octobre 2022⁸.

Au cours des deux premières réunions, le groupe de travail a identifié la nécessité de clarifier ce qui est entendu par « infrastructure géodésique » dans le cadre cette étude. Il a également identifié la nécessité de ne pas ignorer dans sa réflexion les structures géodésiques nationales entretenues par

5 Compte-rendu de réunion Commission Géopositionnement du CNIG le 14/10/2021 (<http://cnig.gouv.fr/commission-geopositionnement-a665.html>).

6 Compte-rendu de réunion Commission Géopositionnement du CNIG le 24/03/2022 (<http://cnig.gouv.fr/commission-geopositionnement-a665.html>).

7 <http://cnig.gouv.fr/usages-des-infrastructures-geodesiques-a20361.html>

8 http://cnig.gouv.fr/IMG/pdf/20221018-note_presentation_gt_usage.pdf

des organismes autres que l'IGN. En effet les infrastructures géodésiques entretenues par l'IGN ne constituant qu'une partie de l'équipement national, la réflexion sur les besoins ne pouvait pas être conduite en ignorant les contributions des autres acteurs. Ce constat a conduit à élargir la composition du groupe à d'autres organismes. La liste des membres ayant participé à la réflexion figure en annexe 1.

Le calendrier souhaité par l'IGN pour l'étude a par ailleurs conduit à infléchir les objectifs du groupe en abandonnant l'objectif de définition des modalités de réalisation de l'étude et d'évaluation, au profit de l'approfondissement de la description du contenu souhaité de l'étude, qui fait l'objet de ce rapport.

1.3. Définitions retenues dans ce document

Sont retenues dans le cadre de l'étude, les définitions suivantes.

Infrastructures géodésiques : ensemble des **équipements** et des données associées résultat d'observations, constitués en réseau et opérés sur le long terme, de l'ordre de la décennie, permettant sur un territoire donné un accès à la référence géodésique nationale.

La **référence géodésique nationale** est composée des réalisations des systèmes de référence géométrique, altimétrique, et gravimétrique.

Les **équipements** peuvent être constitués d'un **maillage de points** spécifiques, bornes géodésiques ou repères de nivellement par exemple, ou d'une **instrumentation d'observation en continu** donnant accès à des coordonnées, telle que des stations permanentes GNSS⁹. A ces équipements peuvent être associées d'autres observables : les valeurs de l'attraction de pesanteur obtenues par mesures gravimétriques et les valeurs du niveau de la mer obtenues par mesures marégraphiques font partie des infrastructures géodésiques.

Les infrastructures géodésiques considérées dans le cadre de cette étude sont composées de réseaux matérialisant l'accès aux réalisations des systèmes de référence suivants:

- géométrique, visant à la détermination précise des coordonnées géographiques (ou cartésiennes géocentriques) ;
- altimétrique, visant à la détermination précise des altitudes ;
- gravimétrique, visant à la détermination précise de la pesanteur.

⁹ Les sigles et acronymes utilisés dans ce rapport sont explicités dans son annexe 2.

Ces infrastructures comprennent les infrastructures dont l'IGN à la charge, ainsi que des infrastructures maintenues par d'autres acteurs pour des besoins généraux (recherche scientifique par exemple) ou pour leurs besoins propres.

Elles servent trois objectifs principaux :

- **accéder à la coordonnée légale**, et ainsi de répondre aux obligations dans ce domaine et de garantir l'interopérabilité des données à l'échelle nationale et européenne (voire mondiale pour les coordonnées géométriques) ;
- offrir aux usagers des **moyens de contrôle** de leurs observations, de leurs instruments ou de leurs moyens de traitement ;
- fournir une référence pour l'observation et le **suivi des évolutions** du territoire ou de l'environnement sur le long terme.

Outre ces utilisations, ces infrastructures servent également à la détermination de leurs propres réalisations successives, à la mise en cohérence de la référence nationale avec les références européennes et mondiale, ainsi qu'à assurer la cohérence entre les systèmes de référence géométrique, altimétrique et gravimétrique. La cohérence entre système de référence géométrique et système de référence altimétrique est assurée au moyen d'une grille de conversion altimétrique.

Dans ce travail, nous distinguons par ailleurs deux niveaux d'usage de ces infrastructures :

- les **usages directs** qui regroupent les travaux et applications prenant appui directement, au moyen de mesures et d'observations, sur les infrastructures géodésiques, et les activités de spécification de ces travaux ;
- les **usages indirects** qui regroupent les travaux et applications utilisant les informations de ces infrastructures, sans effectuer ni faire effectuer de mesures ou d'observation se rattachant directement à ces infrastructures.

1.4. Plan du rapport

Le présent rapport synthétise les travaux du groupe de travail « Usages des infrastructures géodésiques ».

La section 2 ci-après présente les infrastructures géodésiques existant sur le territoire national : d'une part les infrastructures appuyant la définition et l'entretien de la référence nationale (section 2.1) et d'autre part les infrastructures d'appui à des besoins spécifiques, portées par une grande

variété d'acteurs pour leurs besoins propres (section 2.2). La section 2.3 présente les connaissances que nous avons de l'usage de ces infrastructures et les motivations qui étayent le besoin d'une étude de besoin à l'échelle nationale.

Les sections 3. et 4. proposent un socle de définition d'une telle étude. La section 3 en dessine le périmètre : périmètre géographique (section 3.2), périmètre thématique (section 3.3) et acteurs concernés (section 3.4). La section 4 propose un éventail de questions que devra aborder la consultation des acteurs : leur identité (section 4.2), la finalité de leur activité (section 4.3), leur activité elle-même (section 4.4), les moyens techniques dont ils disposent (section 4.5), leur degré d'exigence vis-à-vis des infrastructures (section 4.6), leur vision de l'avenir (section 4.7).

2. Infrastructures géodésiques existantes

2.1. Infrastructures géodésiques d'appui à la référence nationale

« L'Institut national de l'information géographique et forestière en zone terrestre et le service hydrographique et océanographique de la marine en zone maritime entretiennent et publient en ligne l'information relative aux systèmes de référence [...] ainsi que les éléments nécessaires à leur utilisation au travers des systèmes de référence de coordonnées les plus couramment utilisés sur le territoire national. »¹⁰

2.1.1. Zone terrestre

En charge de la conception et l'établissement de l'infrastructure géodésique sur le territoire national (section 2), l'IGN opère actuellement, en lien avec de nombreux partenaires, les réseaux suivants :

	système de référence			type de réseau	
	géométrique	altimétrique	gravimétrique	réseaux matérialisés	instrumentation d'observation en continu
Réseau GNSS Permanent	x				x
Réseaux matérialisés de géodésie	x		x	x	
Réseaux matérialisés de nivellement Marégraphe de Marseille		x x		x	x

Réseaux opérés par l'IGN

2.1.1.1. Réseau GNSS Permanent

L'IGN opère depuis 1998 le Réseau GNSS Permanent (RGP), qui rassemble (en juin 2023) environ 525 stations de réception GNSS couvrant la métropole et les départements d'outre-mer.

Le RGP est un réseau partenarial regroupant une cinquantaine de partenaires (réseaux GNSS privés, réseaux scientifiques, organismes publics ou privés, collectivités locales, particuliers...). Son mode de fonctionnement est basé sur la gratuité d'accès aux données et services.

Les données et les produits sont disponibles sous le régime de la licence ouverte Etalab.

¹⁰ <https://www.legifrance.gouv.fr/loda/id/JORFTEXT000000387816/2023-04-05/>

Territoire	nombre de stations	dont stations partenaires
Métropole	475	455
Guadeloupe	11	10
Guyane	11	10
La Réunion	13	12
Martinique	4	3
Mayotte	4	4
Saint-Barthélemy	1	1
Saint-Martin	1	1
Saint-Pierre-et-Miquelon	2	2
total	522	498

Répartition des stations du RGP (avril 2023)

Conçu à l'origine pour faciliter le positionnement GPS différentiel en temps différé dans le système de coordonnées légal, il est le moyen principal d'accès aux systèmes de référence géométrique et en permet la maintenance, aux niveaux national et local.

Le RGP propose des données d'observation GNSS par sessions horaires avec un échantillonnage à 1 seconde, au format Rinex¹¹, et les éphémérides associées. Les produits distribués sont les résultats des calculs routiniers réalisés à une cadence horaire, journalière et hebdomadaire : coordonnées des stations, produits troposphériques et ionosphériques, séries temporelles de coordonnées.

Le RGP constitue actuellement une infrastructure nationale mutualisée fournissant:

- un moyen d'accès aux systèmes de référence géométrique;
- un moyen d'assurer la cohérence des réalisations des systèmes de référence géométrique avec les réalisations des systèmes géométriques internationaux ;
- un moyen concourant à la détermination des paramètres de passage entre systèmes de référence géométrique et systèmes de référence altimétrique;
- un réseau terrestre d'observation en continu des données GNSS et un service de conservation et de diffusion de ces données;
- un réseau terrestre d'observation en continu et de caractérisation des mouvements et des vitesses relatives à la surface du territoire ;
- un service d'augmentation des performances GNSS pour des applications de positionnement de précision ou de contrôle en temps différé.

¹¹ Format indépendant du récepteur

2.1.1.2. Réseaux matérialisés de géodésie

Les réseaux matérialisés de géodésie sont la réalisation et le moyen d'accès au système de référence géométrique d'un territoire donné. Ils sont constitués d'un maillage de sites géodésiques comprenant des points matérialisés, objets d'une détermination précise de coordonnées.

On distingue, en France Métropolitaine, le réseau de base français (RBF) et le réseau de détail français (RDF). De plus, l'IGN assure l'intégration et la diffusion de certains réseaux de densification locale produits et maintenus par des partenaires (canevas dits « extérieurs »).

Territoire	nombre sites de détail IGN	nombre sites de base IGN	Sites partenaires (canevas dits « extérieurs »)
Métropole	63 126 sites	1 136 sites RBF + 23 sites RRF	19 182 sites
Guadeloupe	156 sites	22 sites	0 site
Guyane	51 sites	42 sites	0 site
La Réunion	222 sites	15 sites	0 site
Martinique	88 sites	21 sites	0 site
Mayotte	31 sites	0 site	0 site
Saint-Barthélemy	4 sites	3 sites	0 site
Saint-Martin	7 sites	3 sites	0 site
Saint-Pierre-et-Miquelon	46 sites	0 site	0 site
Wallis-et-Futuna	0 site	0 site	0 site
Terres Australes et Antarctiques Françaises	35 sites	0 site	0 site
total	63 766 sites	1 242 sites	19 182 sites

Réseaux matérialisés de géodésie (avril 2023)

2.1.1.3. Réseaux matérialisés de nivellement

Les réseaux matérialisés de nivellement sont la réalisation et le moyen d'accès au système de référence altimétrique d'un territoire donné. Ils sont constitués d'un maillage de repères ou de groupes de repères (triplets) de nivellement, objets d'une détermination précise d'altitude.

En France Métropolitaine, les réseaux matérialisés de nivellement rassemblent:

- le réseau de nivellement de référence (NIREF), réseau de précision à vocation européenne ;

- le réseau de triplets¹² de nivellement pour l'accès à la référence nationale, maintenu dans le cadre du programme d'entretien du réseau de nivellement par triplet (ERNIT), à partir de 2008 ;
- réseau de nivellement général de la France (NGF), réseau historique .

L'observatoire marégraphique de Marseille abrite le repère fondamental ainsi qu'un marégraphe côtier numérique, permettant de mesurer et d'enregistrer en continu les variations de niveau de la mer.

L'IGN assure également l'intégration et la diffusion de certains réseaux de densification locale produits par des partenaires.

Territoire	Triplet IGN	Repères de nivellement IGN	Repères de nivellement partenaires (canevas extérieur)
Métropole	12 351 triplets	382 321 repères	9 735 repères
Guadeloupe	0 triplet	1 089 repères	0 repère
Guyane	44 triplets	861 repères	0 repère
La Réunion	0 triplet	875 repères	0 repère
Martinique	0 triplet	841 repères	8 repères
Mayotte	0 triplet	434 repères	0 repère
Saint-Barthélemy	0 triplet	55 repères	0 repère
Saint-Martin	0 triplet	75 repères	0 repère
Saint-Pierre-et-Miquelon	0 triplet	161 repères	0 repère
Wallis-et-Futuna	0 triplet	272 repères	0 repère
Terres Australes et Antarctiques Françaises	0 triplet	11 repères	0 repère
total	12 395 triplets	386 995 repères	9 743 repères

Réseaux matérialisés de nivellement (avril 2023)

2.1.1.4. Réseaux matérialisés de gravimétrie

Suite à une réflexion nationale en 1996, complétée au sein du CNIG par les conclusions d'un groupe de travail dédié à la gravimétrie en 2000, l'IGN a constitué un réseau gravimétrique qui s'est appuyé, en France métropolitaine, sur le réseau géodésique de base français (RBF, cf. section 2.1.1.2).

¹² Un triplet est un groupe d'au moins trois repères de nivellement dont la distance doit être inférieure à 1 km, la dénivelée doit être inférieure à 30 mètres. La zone d'influence d'un triplet est de 5 kilomètres.

Cette référence gravimétrique compte aujourd'hui environ mille points répartis sur le territoire national. Elle a pris la suite du réseau RGF83 (Réseau gravimétrique de la France, 1983) entretenu initialement par le Bureau de recherches géologiques et minières (BRGM) avec le transfert de la charge d'entretien de la référence gravimétrie à l'IGN en 2011¹³.

Ce réseau de référence gravimétrique permet le rattachement des couvertures détaillées réalisées avec des instruments de mesure relatifs. Il contribue à l'établissement des modèles globaux de gravimétrie notamment en aidant à la qualification des mesures anciennes, et de contribuer à l'amélioration de la détermination de la surface de référence des altitudes.

La localisation des mesures sur des points du RBF permet de bénéficier de la matérialisation existante et de la protection de ces points, et, au niveau de la maintenance des références, de progresser sur l'intégration de la géodésie et de la gravimétrie à l'échelle européenne.

2.1.2. Zone maritime

Le Service hydrographique et océanographique de la marine (Shom) est l'opérateur public de référence pour l'information géographique maritime et littorale.

Historiquement, les travaux du Shom ont été effectués en s'appuyant sur les réseaux géodésiques déjà existants, comme par exemple la NTF puis le RGF93 en métropole. D'un point de vue altimétrique, le Shom travaille par rapport au zéro hydrographique, et entretient pour le déterminer des observatoires de marée dans l'ensemble de ses zones de responsabilité. Ils sont rattachés au système altimétrique en vigueur dans la zone ainsi qu'à l'ellipsoïde. Dans les zones sans réseau géodésique, le Shom a créé son propre système, souvent temporaire, localisé sur la zone des travaux maritimes. Des systèmes géodésiques sont ainsi parfois basés sur les travaux de géodésie du Shom comme en Afrique ou dans le Pacifique par exemple, mais le Shom ne possède pas à proprement parler de réseau géodésique.

Actuellement le Shom privilégie le rattachement au Système international de référence terrestre (ITRS). Les données sont donc dans l'essentiel des cas acquises dans ce système ou un système compatible avec celui-ci. L'ensemble de ces points est géré dans deux bases de données : une base qui concerne les observatoires de marées et une autre qui gère les douilles géodésiques (repères matériel des points de coordonnées connues). Il est possible de retrouver dans ces bases des données des informations qui concernent la métropole, essentiellement sur la partie côtière, la Polynésie Française, la Nouvelle-Calédonie, Wallis et Futuna ainsi que Clipperton, et, dans l'Océan indien, Mayotte, la Réunion, les îles éparses, ainsi que les terres australes.

A noter la particularité de la Polynésie française. Le RGPF, réseau géodésique de Polynésie française, a été essentiellement créé par le Shom. Cependant, depuis le changement de statut de la Polynésie française dans les années 2000, le RGPF est géré par le territoire. Il reste le cas particulier de Mururoa et Fangataufa qui appartiennent en pleine propriété à l'État français depuis 1964. Ces

¹³ Décret n° 2011-1371 du 27 octobre 2011 relatif à l'Institut national de l'information géographique et forestière (IGN)

deux atolls ne sont donc pas sous l'autorité du gouvernement de Polynésie française, mais sous celle du Haut-commissaire de la république en Polynésie française, tout comme Clipperton. En cas de nécessité, le Shom pourrait contribuer à la création de systèmes géodésiques rattachés à l'ITRS dans ces territoires souvent peu accessibles.

2.2. Infrastructures géodésiques d'appui à des activités spécifiques

La loi n° 95-115 du 4 février 1995 d'orientation pour l'aménagement et le développement du territoire spécifie le rattachement des informations localisées au système national de référence de coordonnées : « Les informations localisées issues des travaux topographiques ou cartographiques réalisés par l'État, les collectivités locales, les entreprises chargées de l'exécution d'une mission de service public, ou pour leur compte, doivent être rattachées au système national de référence de coordonnées géographiques, planimétriques et altimétriques défini par décret et utilisable par tous les acteurs participant à l'aménagement du territoire »¹⁴.

Ce paragraphe vise à identifier, de manière non exhaustive, les infrastructures géodésiques déployées par des acteurs ou groupement d'acteurs, en réponse à des besoins spécifiques (usage temps réel, densification sur zone d'intérêt, besoins opérationnels). Conformément à la loi, ces infrastructures, généralement déployées pour des travaux de portée locale, sont rattachées à la référence nationale correspondante et constituent donc également un moyen d'accès à celle-ci.

Cette liste, qui ne prétend pas à l'exhaustivité, montre la diversité des équipements du territoire. Afin de clarifier ce paysage, elle est présentée suivant un classement par type d'acteur.

2.2.1. Administration publique centrale

L'administration publique centrale peut être conduite à créer et entretenir des équipements relevant des infrastructures géodésiques.

La Direction Générale des Finances Publiques (DGFIP) est par exemple chargée, au titre de sa mission foncière, de décrire les propriétés (limites de parcelles, superficie) et d'identifier les propriétaires et leurs droits sur les biens. Les travaux topographiques qu'elle exécute prennent appui¹⁵ sur le système national de référence de coordonnées géographiques, planimétriques et altimétriques.

14 Loi n° 95-115 du 4 février 1995 d'orientation pour l'aménagement et le développement du territoire

15 décret n°2000-1276 du 26 décembre 2000 modifié par le décret n°2006-272 du 3 mars 2006

Les travaux dont elle a la charge peuvent conduire à mettre en place des canevas intermédiaires (ensemble de points matérialisés déterminés en coordonnées : préalables aux aménagements fonciers agricoles et forestiers...).

2.2.2. Établissements publics à caractère scientifique et technologique (EPST)

Les EPST sont amenés à équiper le territoire d'infrastructures géodésiques dans le cadre de leur activité scientifique. Dans bon nombre de cas aujourd'hui, ces infrastructures sont gérées au sein d'infrastructures de recherche inscrites sur la feuille de route nationale des infrastructures de recherche¹⁶, et constituées en partenariats entre plusieurs organismes. Nous mentionnons ici les exemples des infrastructures de recherche RESIF-EPOS (qui devient cette année EPOS-France, section 2.2.2.1) et ILICO (section 2.2.2.2). Cependant, des initiatives peuvent conduire à la création de nouvelles infrastructures (exemple du réseau Centipède, section 2.2.2.3).

2.2.2.1. Infrastructure de recherche RESIF-EPOS (EPOS-France)

Plusieurs infrastructures géodésiques sont entretenues par l'infrastructure de recherche RESIF-EPOS (Réseau sismologique français, infrastructure entrée en 2008 sur la feuille de route nationale, miroir de l'infrastructure européenne EPOS – *European plate observing system*).

Le RESIF-RENAG est un Réseau National GNSS. Il comprend aujourd'hui environ 90 stations de réceptions GNSS permanentes couvrant la métropole ainsi que des réseaux de mesures semi-permanentes. Les points de mesures semi-permanentes sont matérialisés de façon pérenne et peuvent également être considérés comme un réseau de points géodésiques traditionnels.

L'ensemble du réseau RESIF-RENAG a vocation de recherche scientifique et d'observation de la Terre en géophysique interne, externe et en géodésie. Devenu Service National d'Observation du CNRS-INSU en 2006, il a pour mission d'acquérir, conserver et disséminer les données GNSS permanentes sur le long terme. A ce titre, il bénéficie du soutien financier du CNRS-INSU et du Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche. En tant que composante majeure de l'IR nationale RESIF-EPOS, le RESIF-RENAG contribue à travers lui à l'Infrastructure de Recherche européenne EPOS (*European Plate Observing System*). Il sera intégré dans les années à venir dans l'IR Epos-France en construction. Les sessions horaires de données échantillonnées à 1 seconde et les sessions journalières de données échantillonnées à 30 secondes sont diffusées, au format international, par le RESIF-RENAG et au sein d'EPOS.

Des corrections RTK sont également diffusées pour certaines stations via le caster RénaG. Toutes les données sont d'un accès public et gratuit, sous licence CC:BY. RESIF-RENAG est partenaire du réseau GNSS privé Orphéon opéré par la société Géodata Diffusion et diffuse à ce titre les sessions

16 <https://www.enseignementsup-recherche.gouv.fr/fr/la-feuille-de-route-nationale-des-infrastructures-de-recherche-2021-84056>

horaires et journalières de plus de 200 stations à l’heure actuelle exclusivement pour des applications académiques.

L’infrastructure RESIF-EPOS porte également des réseaux d’observation gravimétrique (champ de pesanteur terrestre) dans le cadre du service national d’observation du CNRS-INSU en gravimétrie. Elle conduit notamment des observations de gravimétrie absolue répétées sur une dizaine de sites particuliers, tels que des sites d’observation marégraphique (à titre de complément d’information sur les mouvements du sol), ou des site d’observation continue du champ de pesanteur (à des fin d’étalonnage des instruments relatifs dédiés à l’observation permanente).

2.2.2.2. *Infrastructure de recherche littorale et côtière (ILICO)*

L’infrastructure de recherche littorale et cotière ILICO est dédiée à l’observation de l’environnement côtier (physique et biologique). Cette infrastructure porte notamment le Système d’Observation du Niveau des Eaux Littorales (SONEL) qui vise à fournir des observations continues du niveau de la mer, de qualité métrologique, obtenues à partir de marégraphes (table ci-après) collocalisés le plus souvent avec des stations permanentes GNSS, intégrées à la fois au réseau SONEL et au Réseau GNSS Permanent (§2.1.1.1).

Territoire	Observatoire de marée
Métropole	52
Guadeloupe	3
Guyane	4
La Réunion	2
Martinique	3
Mayotte	1
Saint-Barthélemy	0
Saint-Martin	1
Saint-Pierre-et-Miquelon	2
Wallis-et-Futuna	2
Terres Australes et Antarctiques Françaises	4
total	74

SONEL (avril 2023)

2.2.2.3. *Réseau Centipède*

D’autres infrastructures géodésiques ont vu le jour suite à des initiatives du monde de la recherche. L’INRAE (Institut national de recherche pour l’agriculture, l’alimentation et l’environnement) a ainsi porté la création du projet Centipède RTK, un réseau collaboratif de données GNSS temps-réel

développé pour des applications de positionnement précis dans les domaines de recherche en agronomie et environnement notamment.

Développé en France métropolitaine, ce projet rassemble sous forme collaborative des instituts de recherche, des organismes publics, des agriculteurs et des entreprises privées. La base de données du réseau Centipède est mise à disposition sous licence *Open Database License*.

Le réseau Centipède compte environ 400 stations GNSS (ou bases RTK) permettant localement, au voisinage d'une station, à une distance de l'ordre de quelques dizaines de kilomètres, de se positionner en temps réel.

2.2.3. Entreprises publiques

Des entreprises publiques peuvent être conduites à entretenir des infrastructures géodésiques pour leur propres besoins. C'est notamment le cas des opérateurs de réseaux, tels que la SNCF ou EDF.

2.2.3.1. SNCF Réseau

SNCF Réseau, dans ses procédures de mesures internes comme dans ses clauses techniques à destination des prestataires, impose l'usage du RGP pour la mise en référence géométrique de ses travaux topographiques, couplé à celui du Réseau de Base Français (RBF) qui sert de contrôle. SNCF Réseau rattache son altimétrie au réseau de nivellement de l'IGN, et dans ces conditions, la mise en place des triplets de nivellement (voir plus haut) a accru globalement les distances de cheminement nécessaires. C'est pourquoi SNCF Réseau explore à présent une méthodologie alternative combinant observations GNSS et nivellement avec des performances satisfaisantes mais un surcroît de complexité de mise en œuvre opérationnelle.

2.2.3.2. EDF

Pour ses activités d'études, de construction et de mise en service des ouvrages, EDF dispose de services topographiques. Les principaux domaines d'intervention sont : l'établissement de plans topographiques, la réalisation de canevas, les contrôles d'implantations de positionnement et de dimensionnement, le suivi du comportement dans le temps des ouvrages, les travaux fonciers.

Selon la nature et l'emprise des travaux, EDF appuie et peut conduire une densification des infrastructures géodésiques existantes.

2.2.4. Collectivités territoriales

Les collectivités territoriales ont développé, pour leurs besoins propres, des infrastructures locales, densifiant ainsi les infrastructures nationales pour les systèmes de référence géométrique et / ou altimétrique.

Par exemple, le canevas géodésique de Rennes Métropole est constitué d'un ensemble de points géodésiques connus en position et servant d'ossature à la réalisation d'un levé topographique. Les

données sont accessibles sous licence ODBL 1.0. Les stations de ce canevas géodésique sont des points connus en planimétrie et en altimétrie et matérialisés sur le terrain de différentes manières (borne, spit, piquet, ...). Le nombre de points couvrant la métropole est de 12725 (avril 2023) pour une superficie de 705 km², soit une densité d'environ 18 points par km².

En planimétrie, la classe de précision totale applicable aux sommets de canevas est de 2 cm sur le territoire de la Ville de Rennes et de 2.5 cm sur le reste du territoire de Rennes Métropole.

En altimétrie, la classe de précision relative au réseau de Rennes Métropole applicable aux sommets de canevas est de 1 cm.

collectivités territoriales	nombre d'habitants
Conseil Départemental 93	1 644 900 habitants
Saint-Brieuc Agglomération	116 000 habitants
Eurométropole de Strasbourg	505 000 habitants
Ville de Rennes	220 000 habitants
Mulhouse Alsace Agglomération	275 000 habitants
Communauté Urbaine de Dunkerque	195 000 habitants
Grenoble-Alpes Métropole	450 000 habitants
Nantes Métropole	665 000 habitants
Dijon Métropole	255 000 habitants
Tours Métropole Val de Loire	138 000 habitants
Communauté d'agglomération de la Région Nazairienne et de l'Estuaire	128 000 habitants

Collectivités territoriales impliquées dans un partenariat avec l'IGN pour la diffusion de leur information géodésique

La métropole de Rennes est un exemple parmi de nombreux autres. L'intérêt public de ces canevas locaux a été souligné par les recommandations nationales du 21 février 2011, à la création par le Premier Ministre d'Etalab. L'IGN a alors pris l'initiative de proposer la diffusion des canevas des collectivités locales sur la même plateforme que les réseaux nationaux dans le cadre de conventions d'échange de données. La table ci-après liste les conventions signées par ordre chronologique.

Les Établissements publics de coopération intercommunale (EPCI), et notamment les gestionnaires de l'eau, peuvent être amenés à entretenir eux-mêmes des infrastructures géodésiques. Les acteurs

impliqués sont essentiellement au niveau de la Métropole et dans les agglomérations qui comptent plus de 100 000 habitants.

2.2.5. Secteur privé

Le secteur privé contribue largement à l'équipement du territoire dans ce domaine. On y retrouve plusieurs secteurs d'activité : les fournisseurs de services d'augmentation GNSS (services de géolocalisation – section 2.2.5.1), les responsables d'infrastructures de communication ou d'énergie (exemple de la Compagnie nationale du Rhône, section 2.2.5.2), et les acteurs de travaux topographiques sur le territoire (exemple des géomètres experts, section 2.2.5.3)

2.2.5.1. Fournisseurs de services d'augmentation GNSS

Il existe un certain nombre de fournisseurs¹⁷ de services d'augmentation GNSS accessibles sur un territoire donné. Certains de ces services rendent possible un accès direct au système de référence géométrique du territoire, c'est-à-dire que la solution de positionnement est exprimée dans la réalisation en vigueur du système de référence.

Ces services présentent des zones de couverture hétérogènes (mondiale, régionale, nationale ou locale). Pour les services proposant spécifiquement une couverture sur la France métropolitaine et / ou les territoires d'outre-mer, on peut citer les services présentés dans la table suivante :

Fournisseur de service	Service	type	couverture géographique
Géodata Diffusion	NRTK Orphéon Full GNSS	VRS	France métropolitaine
Géodata Diffusion	Post-traitement Orphéon	post-traitement	France métropolitaine
Géoflex	PPP-RTK	PPP-RTK	France métropolitaine
Teria	TERIA	NRTK	Europe de l'ouest et territoires d'outre-mer Europe de l'ouest et territoires d'outre-mer
Teria	TERIAmove	PPP-RTK	Europe de l'ouest et territoires d'outre-mer

Services d'augmentation GNSS couvrant spécifiquement la France métropolitaine et /ou les territoires d'outre-mer (source EUSPA 2023)

2.2.5.2. Compagnie Nationale du Rhône

Le domaine concédé à la Compagnie Nationale du Rhône (CNR) s'étend le long du Rhône de la frontière Suisse à la mer Méditerranée. Environ dix mille points de référence topographique sont disponibles sur l'ensemble du domaine. Ces points servent aux équipes opérationnelles pour les contrôles et les rattachements des levés topographiques et bathymétriques et servent aussi pour les travaux et études sur la concession. Ceux ci peuvent être des piliers géodésiques, des repères de stabilité fondés au substratum, comme de simples tubes métalliques sur les berges du fleuve. Tous

¹⁷ <https://www.gsc-europa.eu/gnss-market-applications/augmentation-providers-map>

les points sont exprimés en RGF93/IGN69 (géographique et L93) et en NTF Lambert Zone / NGF Orthométrique. Les transformations altimétriques ont été réalisées à l'aide d'une grille de transformation établie par l'IGN en 2012. A noter que tous les points référencés ne sont plus nécessairement entretenus.

L'ensemble des points est référencé par classe de précision et par « ordre » afin d'en faciliter la gestion et la diffusion. Les points d'ordre 1 et 2 ont été déterminés lors de 3 campagnes distinctes (2012 / 2013 et 2015). Les coordonnées ne sont actuellement diffusées que vers les prestataires de la CNR dans le cadre de projets ou travaux. De manière ponctuelle, des partenaires opérant sur la vallée du Rhône peuvent être destinataires de fiches.

2.2.5.3. Géomètres experts

Profession réglementée et régulée par un Ordre¹⁸, le géomètre-expert réalise des études et travaux topographiques fixant les limites des biens fonciers et définit les droits attachés à la propriété foncière.

Ses travaux peuvent porter notamment sur des opérations de :

- bornage et de reconnaissance des limites d'un terrain ;
- relevé terrestre et bathymétrique ;
- aménagement foncier agricole, forestier et environnemental ;
- récolement des réseaux.

Selon la nature et l'emprise des travaux, le géomètre-expert utilise et peut être amené à densifier les infrastructures géodésiques existantes. Le réseau de géoréférencement par GNSS TERIA (§2.2.5.1) a ainsi été créé en 2005 sous l'égide de l'Ordre de Géomètres-Experts.

2.3. Besoins relatifs aux infrastructures

2.3.1. Volume d'usage

Sans vouloir dresser une typologie quantitative des utilisations des infrastructures nationales, l'IGN dispose de statistiques volumétriques relatives à l'utilisation des données associées aux infrastructures géodésiques dont il a la charge.

Les statistiques ont fait l'objet d'une présentation en réunion du groupe de travail du 9 septembre 2022¹⁹.

18 <https://www.geometre-expert.fr/>

19 <http://cnig.gouv.fr/usages-des-infrastructures-geodesiques-a20361.html>

Pour le RGP (§2.1.1.1), après une période (2007-2020) d'accroissement régulier du réseau de stations GNSS, le nombre de stations semble stabilisé au voisinage de 525 stations. La consultation du site web (rgp.ign.fr) enregistre une moyenne de 2700 visiteurs uniques par mois, avec environ 1300 requêtes de téléchargement par mois. Il n'est pas noté d'évolution significative sur la période 2013-2022. Le nombre de calculs GNSS (service de calcul réseau et PPP) est en moyenne de 400 calculs par mois. Hormis des variations saisonnières, les statistiques d'usage du RGP ne permettent pas d'identifier, sur la période 2013-2022, de variation significative.

Pour les réseaux matérialisés de géodésie (§2.1.1.2), 95 800 sites géodésiques ont été consultés en 2021, soit environ 8000 par mois en moyenne. Pour les réseaux matérialisés de nivellement (§2.1.1.3), 193 400 repères de nivellement ont été consultés en 2021, soit environ 16000 par mois en moyenne. Les signalements recueillis sur les réseaux matérialisés par l'application mobile géodésie de poche correspondent à environ 200 signalements par mois en 2021, avec une tendance à l'augmentation du nombre de ces signalement (430 en août 2022).

Si ces statistiques de diffusion, par l'IGN, de données liées aux infrastructures géodésiques permettent dans une certaine mesure de quantifier leur utilité, les finalités des usagers ne sont pas connues précisément, et par conséquent il est difficile de circonscrire le besoin en qualité (précision, actualité, disponibilité...).

2.3.2. Cycle d'entretien

Historiquement, et en lien avec les orientations et la planification de long terme, les infrastructures géodésiques ont fait l'objet de cycles d'élaboration relativement longs, de l'ordre de la décennie.

Aujourd'hui, la durée et les modalités d'entretien de ces infrastructures sont variables. Le Réseau GNSS Permanent ainsi que le Réseau de base français, principaux moyens d'accès à la référence géométrique font l'objet d'un entretien régulier, depuis leur création. L'entretien du Réseau GNSS Permanent est marqué par l'arrivée des nouvelles constellations GNSS Galileo et BeiDou, dont les services ouverts ont été déclarés opérationnels en 2020 et qui appellent à un renouvellement complet des matériels. Le Réseau de base français, quant à lui, compte plus de 1000 points sur le territoire, espacés d'environ 25 km : la simple visite exhaustive du réseau (contrôle de l'état des repères) représente de l'ordre d'une année-homme de charge.

L'infrastructure d'accès à la référence altimétrique a fait l'objet, pour la métropole, d'un cycle d'entretien systématique au moyen du programme d'Entretien du Réseau de Nivellement par les Triplets (ERNIT), initié en 2008 et achevé en 2022. Ce programme intègre les évolutions technologiques permettant l'utilisation de techniques GNSS pour des déterminations altimétriques. Pour autant, la charge d'entretien systématique sur l'ensemble du territoire peut être estimée à une vingtaine d'année-hommes.

Le poids de ces activités ne permet plus de répondre à tous les besoins : la priorité historique accordée à l'exhaustivité de l'entretien ne semble pas permettre de répondre aux nouveaux besoins, par exemple aux besoins supposés d'actualité de l'information.

En outre, la durée des cycles d'entretien précédents conduit à des évolutions très lente des réseaux sans garantie d'adaptation aux évolutions des besoins des usages : la définition du réseau de triplets de nivellement date ainsi de 2000.

2.3.3. Besoins d'optimisation

2.3.3.1. Constats initiaux

Les infrastructures géodésiques actuelles constituent le socle des référentiels cartographiques et assurent plus généralement la cohérence de la géolocalisation de l'information, garantissant ainsi l'interopérabilité des données géolocalisées. Si les fonctions initiales de telles infrastructures n'ont pas fondamentalement changé depuis l'origine, ces infrastructures s'inscrivent aujourd'hui dans un paysage national qui a évolué.

Les nombreux acteurs porteurs d'infrastructures géodésiques pour leurs propres usages peuvent bien entendu prendre leur décision d'investissement, de charge de maintenance en fonction directe du service rendu par leurs équipements. Le groupe de travail constate ainsi que, pour les entreprises en charge d'infrastructure de réseau, par exemple, la maintenance des infrastructures géodésique ne représente pas un poids significatif dans l'activité.

Le groupe de travail pense qu'une partie de l'effort fourni par ces divers acteurs pourrait être davantage mutualisé au profit de la collectivité nationale, et en retour pour leur profit propre. Et symétriquement, l'effort d'entretien des références nationales consenti par l'État pourrait être mieux adapté à leurs besoins.

Dans le cadre de sa mission d'entretien des références nationales, les décisions d'investissement de l'IGN et d'ajustement de ses charges de maintenance doivent s'appuyer sur une évaluation du service rendu. Le groupe de travail reconnaît que cette évaluation est nécessaire. Il reconnaît aussi que, compte tenu de la multiplicité des usages, sa réalisation demande un travail en profondeur dont le présent rapport définit les contours.

L'IGN ajoute à ces constats que l'entretien systématique sur des cycles décennaux ne paraît plus a priori adapté aux besoins d'aujourd'hui. D'une part, les multiples contraintes auxquelles est soumise notre société pèsent sur les capacités de financement de ces opérations. D'autre part, la durée de ces entretiens systématiques est contradictoire avec des besoins ponctuels de fraîcheur de l'information – par exemple pour la surveillance de zones en mouvement.

En tant qu'opérateur de l'infrastructure géodésique nationale, l'IGN est, comme les autres opérateurs d'infrastructures, conscient du besoin d'évolution de l'entretien des références

géodésiques. Plusieurs actions sont déjà engagées (section 2.3.3.2). Cependant, l'optimisation de cet entretien a besoin d'être éclairé de sorte que les leviers d'actions compatibles avec la satisfaction des besoins majeurs soient bien identifiés.

2.3.3.2. Évolutions engagées

L'IGN a mis en place plusieurs actions visant à optimiser l'entretien des infrastructures nationales :

- une démarche collaborative : depuis plusieurs années, le traitement des remontées des utilisateurs permet de cibler pour partie les interventions les plus urgentes ; cette démarche s'amplifie récemment avec la volonté de mettre en place des collaborations avec les acteurs locaux pour l'entretien des réseaux matérialisés ;
- un appui sur les technologies smartphone : le développement d'outils applicatifs plus ergonomiques déployés sur les outils numériques mobiles permet de faciliter, pour l'utilisateur, les remontées d'information, et pour l'IGN l'exploitation de ces remontées.
- un appui sur les technologies d'observation de la Terre : le développement d'outils d'exploitation de l'imagerie des mouvements du sol par interférométrie radar par satellite devrait permettre d'aider à circonscrire les zones les plus évolutives nécessitant un entretien plus fréquent.

Ces évolutions apportent leur part d'optimisation du coût d'entretien des infrastructures. Elle ne permettent cependant pas de révolution plus profonde qui ne peut venir que d'une analyse des besoins actuels.

2.3.4. Évaluation des besoins

L'ensemble de ces éléments conduit à préconiser qu'une étude de besoin concernant les infrastructures géodésiques soit menée.

La dernière enquête sur l'usage des infrastructures nationales datant de 2000 (voir section 1.1), le besoin d'une mise à jour de l'information dont dispose l'IGN à ce sujet est patent.

Cependant, compte tenu de la diversité des infrastructures géodésiques entretenues sur le territoire et de leurs relations, le groupe de travail préconise que cette étude couvre l'ensemble de ces infrastructures, de sorte à comprendre le besoin des usagers en tant que besoin, et non relativement à une infrastructure donnée.

Par ailleurs, compte tenu des synergies potentielles qui peuvent émerger concernant les moyens mis en œuvre pour les entretenir, cette étude devra couvrir les points de vue des porteurs d'infrastructures comme des usagers qui ne le sont pas.

Enfin, les évolutions technologiques récentes (nouvelles constellations de navigation améliorant la précision de la géolocalisation, imagerie des mouvements du sol, etc.) encouragent à donner une dimension prospective à cette évaluation du besoin.

Les sections suivantes de ce rapport présentent les conclusions du groupe de travail en ce qui concerne le périmètre que devrait couvrir cette évaluation des besoins (section 3) et les questionnements qu'elle devrait aborder dans une consultation des acteurs concernés (section 4).

3. Périmètre proposé pour une étude sur l'usage des infrastructures géodésiques

Cette section définit le périmètre de l'étude préconisée sur l'usage des infrastructures géodésiques. La section 3.1 précise les objectifs de l'étude proposée. Les sections 3.2 à 3.4 précisent respectivement le périmètre géographique, technique et thématique de l'étude. La section 3.5 dresse une cartographie des principaux acteurs concernés.

3.1. Objet de l'étude

L'étude proposée aura pour objet de répondre aux questionnements identifiés dans ce rapport. Elle devra cerner les besoins de la société en matière d'infrastructures géodésiques au sens des équipements matériels (instruments ou repères matériels) pérennes, donnant un accès à une référence nationale, qu'ils soient portés par l'État ou par des acteurs publics ou privés (cf. section 1.3). Ces infrastructures sont précisées dans la section 3.3.

Le périmètre de l'étude n'inclut pas d'évaluation économique spécifique, ni d'évaluation des impacts des mutualisations possibles. L'impact économique des infrastructures géodésiques est une question très large qui inclut l'impact économique de l'information géographique dans son ensemble. La mutualisation de réseaux géodésiques pourra donner lieu ultérieurement à des études spécifiques, à l'échelle nationale ou dans le cadre de conventions entre partenaires, hors périmètre de l'étude.

Le groupe de travail recommande de prendre en compte dans le périmètre de l'étude les usages des secteurs public et privé, à l'exception du domaine de la Défense de façon à ne pas entraver la dissémination et l'utilisation des résultats de l'étude.

3.2. Périmètre géographique

Le périmètre de l'étude proposée comprend les territoires suivants, tels que mentionnés par l'Arrêté du 5 mars 2019 portant application du décret n° 2000-1276 du 26 décembre 2000 modifié : France métropolitaine (dont Corse), Antilles françaises, Guyane, La Réunion, Mayotte, Saint Pierre et Miquelon, TAAF, Wallis et Futuna, Îles Éparses, Clipperton.

Le groupe de travail propose ainsi de limiter l'étude aux territoires pour lesquels la France est compétente dans le domaine de l'information géographique, tout en reconnaissant qu'en cas de besoin, l'État pourrait être saisi de demandes d'appui de la part d'autres territoires.

Ce périmètre géographique inclut les connexions frontalières des infrastructures géodésiques, nécessaire pour la construction des référentiels transfrontaliers, et notamment européens.

Ce périmètre comprends le domaine côtier et notamment les infrastructures nécessaires au rattachement des références portuaires aux références terrestres. Le domaine strictement marin (infrastructures géodésiques sous-marines, problématiques de la localisation en mer) ne sera pas considéré. Le groupe de travail reconnaît l'importance pour l'avenir de la géodésie en mer, mais considère que la question des infrastructures en mer n'est pas encore assez mure pour aborder les questions relative à leur maintenance.

3.3. Périmètre technique

L'étude proposée concerne les infrastructures suivantes :

- réseaux GNSS permanents dont les signaux sont accessibles aux usagers ;
- réseaux de points matérialisés localisés en deux ou 3 dimensions dans un référentiel géométrique donnant accès directement ou indirectement à la référence nationale ;
- réseaux de points matérialisés localisés en altitude et donnant accès directement ou indirectement à la référence nationale ;
- réseaux de points matérialisés, localisés en 3 dimensions directement ou indirectement dans la référence nationale sur lesquels est communiquée la valeur de la pesanteur terrestre.

Les moyens de géolocalisation concernés par cette étude font appel soit à des traitements a posteriori – tel le post-traitement de mesures GNSS ou d'observations de topométrie – soit à des traitements en temps réel des signaux GNSS. Les traitements temps réels peuvent utiliser différentes techniques (RTK, NTRK, PPP...) et s'appuyer sur des infrastructures régionales, nationales ou mondiales.

Concernant les observations d'altitudes ou de différences d'altitude, on s'intéresse autant à un accès par mesure directe de dénivelée à partir d'un repère de nivellement qu'à un accès indirect par mesure GNSS et application d'un modèle de conversion des hauteurs ellipsoïdales en altitudes.

Concernant les observations de la pesanteur, on s'intéresse autant aux usages par mesures de gravimétrie relative que par mesure de gravimétrie absolue.

3.4. Périmètre thématique

L'étude proposée devra couvrir a minima les domaines d'usage suivants : aménagement du territoire (section 3.4.1), prévention et gestion des risques (3.4.3), recherche scientifique (section 3.4.4), fourniture de services aux acteurs de l'économie (section 3.4.5), entretien des références nationales (section Erreur : source de la référence non trouvée).

3.4.1. Aménagement du territoire

Les réseaux matérialisés de géodésie ainsi que le réseau GNSS permanent sont indispensables à la réalisation des travaux d'aménagement du territoire, des plus vastes (autoroutes, lignes à grande vitesse), au plus locaux (implantation de bâtiment, de réseaux de fluides, d'énergie ou de communication...).

Parmi les opérations en lien avec l'aménagement du territoire ont peut citer :

- rattachement de relevés topographiques descriptifs du territoire et d'avant travaux ;
- rattachements de levés de récolements ;
- rattachement de travaux cadastraux ;
- contrôle de levés topographique réalisés par GNSS.

3.4.2. Exploitation des ressources du sous-sol

L'infrastructure géodésique vient également en appui des travaux de prospection ou d'exploitation des ressources, notamment parce qu'elle permet la surveillance des déformations du sol sur les sites exploités. La gravimétrie peut également contribuer à la prospection.

3.4.3. Prévention et gestion des risques

De manière générale, les réseaux matérialisés de géodésie (planimétrie ou 3D) permettent le rattachement à la référence des données concernant la prévention et le suivi des risques. Le rôle de l'infrastructure géodésique est alors le plus souvent de donner à l'utilisateur la possibilité d'observer le territoire dans la durée, de comparer des acquisitions faites à différentes époques, et ainsi d'acquérir les données quantitatives concourant, avec d'autres types de données (sismologiques, etc.) à une meilleure connaissance de l'aléa.

Dans ce domaine, on peut citer à titre d'exemples le suivi des mouvements du sol et des ouvrages (section 3.4.3.1) ou la gestion de crise en cas d'inondation (section 3.4.3.2).

Les infrastructures GNSS peuvent par ailleurs rendre des services particuliers du fait de leur observation en continu des signaux émis par les satellites. Dans ce domaine, on peut citer

l'utilisation des produits des calculs géodésiques pour la prévision météorologique (section 3.4.3.3) ou l'analyse d'actions intentionnelles de brouillage des signaux (section 3.4.3.4).

3.4.3.1. Risques liés au mouvement du sol

La surveillance des mouvements du sol et des ouvrages intervient dans de nombreux protocoles mis en place en prévention des risques :

- risques liés à l'exploitation du sous-sol (mines actives ; géothermie ; stockage...);
- risques d'effondrement après mines ;
- risques de glissements de terrain ;
- risques d'endommagement des ouvrages d'art ou des bâtiments ;
- etc.

La surveillance dans ces domaines peut être conduite par des opérateurs de l'État ou des opérateurs privés. Elle met généralement en œuvre des techniques de mesures différentielles (mesures du mouvement par rapport à un ou des points supposés fixes). Les infrastructures géodésiques apportent un contrôle de la stabilité des points fixes choisis. Elle peut également utiliser des techniques de prospection pour l'identification des cavités en sous-sol, dont notamment des mesures de gravimétrie relatives qui peuvent s'appuyer sur le réseau gravimétrique de référence. Notons cependant que beaucoup de travaux de microgravimétrie s'appuient sur des mesures relatives sans rattachement à une référence.

3.4.3.2. Aléa inondation

Les repères de crue de Vigicrues et du Service central d'hydrométéorologie et d'appui à la prévision des inondations (SCHAPI) sont rattachés à la référence altimétrique.

Les modélisations utilisées pour la prévention des crues sont également rattachées à la référence altimétrique.

Le réseau matérialisé de nivellement, de gravimétrie ainsi que le réseau GNSS permanent sont indispensables à la réalisation des MNT / MNS qui sont les entrants de la production des données TRI (Territoires à Risque Important d'inondation).

Ces TRI sont la composante principale de la stratégie nationale de gestion des risques d'inondation (SNGRI).

Par ailleurs, en gestion de crise inondation, la réalisation de prises de vue aériennes d'après crise intervient en contribution à la fois de l'estimation des conséquences (évaluation), de l'estimation de la dynamique de l'évènement (vitesse de retrait des eaux), et de la prévention des crises à venir (analyse des impacts et des points de faiblesse du territoire). Ces prises de vue sont géoréférencées

en appui sur les infrastructures géodésique pour comparaison avec un imagerie avant crise – notamment grâce aux réseaux GNSS permanents.

3.4.3.3. *Météorologie*

Les réseaux GNSS permanents interviennent dans la prévision météorologique. Les calculs périodiques opérés sur les observations des stations de ces réseaux permettent d'estimer le retard troposphérique des signaux GNSS et d'en dériver des informations quantitatives sur le contenu en vapeur d'eau de la troposphère. Ces informations sont utilisées par MétéoFrance pour l'analyse des épisodes de fortes pluies et pour l'assimilation de ces mesures dans les modèles de prévision météorologique opérationnelle.

3.4.3.4. *Analyse du brouillage des signaux GNSS*

Du fait de leur faible puissance de réception, les signaux GNSS sont relativement sensibles au brouillage. Une étude²⁰ d'impact destinée à améliorer la compréhension des effets d'une altération ou d'une indisponibilité des informations GNSS sur le fonctionnement de systèmes utilisés par certains secteurs d'activité d'importance vitale de la société civile a été conduite. L'étude souligne qu'une altération ou une indisponibilité de la synchronisation temporelle ou des services de localisation GNSS est susceptible d'impacter fortement certains des secteurs étudiés.

Les observations des réseaux GNSS permanents peuvent contribuer à la détection ou à l'analyse (détermination de l'origine) des actions de brouillage ou des anomalies touchant leurs équipements.

3.4.4. Recherche scientifique

Les infrastructures géodésiques viennent en appui des recherches en sciences de la Terre fondées sur l'observation des phénomènes à sa surface. Elle permettent la comparaison d'observations de toutes natures effectuées sur de très longues périodes de temps.

Trois exemples sont mentionnés ici : l'analyse et la modélisation des déformations tectoniques (section 3.4.4.1), le suivi de l'évolution du niveau moyen des mers (3.4.4.2), le suivi de l'évolution du climat (section 3.4.4.3).

3.4.4.1. *Déformation tectonique et sismologie*

Les réseaux GNSS permanents et le suivi des positions successives de points géodésiques matérialisés (également dénommés réseaux semi permanents) contribuent à la quantification des

20 société FDC, mandatée par la Fédération de Recherche FIRST-TF, réseau national des acteurs de la métrologie du temps et des fréquence (2021) <https://first-tf.fr/le-reseau/organisation/groupe-de-travail/etude-dimpact-de-perte-de-signaux-gnss/>

processus tectoniques tels que la surrection des Alpes ou la déformation interne de la plaque européenne. Ils contribuent également aux études des événements sismiques pouvant affecter le territoire national. Cette observation des mouvements peut être complétée par une observation de l'évolution de la pesanteur par des mesures de gravimétrie absolue ou relative répétées.

L'infrastructure de recherche RESIF-EPOS s'est ainsi doté, au sein de Service nationale d'observation du CNRS-INSU RESIF-RENAG, de stations GNSS permanentes et de points géodésiques observés de manière répétée afin de :

- densifier les réseaux GNSS permanents pour quantifier la déformation tectonique lente régionale ;
- faire le lien avec la sismicité modérée enregistrée et contraindre les modèles géologiques et physiques expliquant la déformation actuelle.

Les données contribuent à l'évaluation de l'aléa sismique sur le territoire national. Les sites semi-permanents sont mesurés pluri-annuellement par GNSS sur des périodes de quelques jours à quelques semaines. Certains sites mesurés depuis les années 1990 disposent ainsi de séries temporelles de près de 30 ans. Ce laps de temps reste cependant court par rapport aux temps de récurrence de séismes significatifs sur le territoire national (qui peut être de plusieurs siècles) et la connaissance, à terme, du champ de déformation tectonique du territoire national implique une vision séculaire de l'observation géodésique.

3.4.4.2. Niveau moyen des mers

L'infrastructure de recherche littorale et côtière ILICO s'est dotée, au sein du Service national d'observation du CNRS-INSU SONEL d'un réseau de marégraphes co-localisés avec des stations GNSS permanentes.

L'infrastructure GNSS permanentes ainsi mise en place, rattachées aux infrastructures GNSS mondiales, permet d'estimer les mouvements verticaux du sol et ainsi d'observer l'évolution du niveau moyen des mers dans un référentiel commun avec celui des satellites d'observation du niveau des mers. L'ensemble de ces données contribue à l'analyse du phénomène (répartition spatiale, évolutions locales...) et des évolutions du climat qui en sont la cause (contribution à l'estimation du bilan thermique de la Terre).

Dans ce domaine, l'infrastructure GNSS est complétée par une infrastructure gravimétrique : mesure répétée de la pesanteur sur des points de référence rattachés aux marégraphes. L'évolution de la pesanteur sur ces sites contribue à l'interprétation des mouvements du sol dans l'optique de diminuer le niveau d'incertitude de leur mesure et de lever de potentiels biais.

Les réseaux matérialisés de gravimétrie contribuent à la réalisation d'une infrastructure nationale de référence qui participe à la réalisation de modèles globaux de géoïde et qui intervient dans la surveillance du niveau moyen des mers.

Sur ces sites côtiers, l'observation continue à l'aide des stations GNSS permet d'améliorer la modélisation des effets de surcharge océanique qui d'une part perturbent les mesures de géolocalisation et d'autre part peuvent contribuer à une meilleure compréhension de la dynamique régionale de la lithosphère.

3.4.4.3. *Évolution du climat*

Au-delà de leur usage dans le domaine des prévisions météorologiques, les réseaux GNSS permanents contribuent aussi à l'étude de l'évolution du climat par la production de mesures stables sur de longues périodes. Ils contribuent, dans le cadre d'une exploitation scientifique des observations, à l'étalonnage croisé d'autres instruments de surveillance de l'humidité atmosphérique.

L'infrastructure de recherche DataTerra diffuse ainsi, au sein de son pôle de données et de service de l'atmosphère AERIS, des séries temporelles longues de contenus intégrés en vapeur d'eau de l'atmosphère au dessus des stations d'un réseau GNSS permanent.

3.4.5. Autres services aux acteurs de l'économie

L'ensemble des applications et services mentionnés plus haut n'est bien entendu pas exhaustif. La majorité des usagers des infrastructures géodésiques le sont de façon indirecte via des fournisseurs de service.

Le service le plus emblématique est évidemment la géolocalisation temps réel, proposée en France aux usagers professionnels par plusieurs entreprises (TERIA, SatInfo, ActiSat, Coop&Tech, etc.) et par des réseaux collaboratifs comme le réseau Centipède porté par l'INRAE.

3.4.6. Entretien de la référence géodésique nationale

Les infrastructures géodésiques sont par nature conçues pour réaliser et entretenir la référence géodésique nationale.

L'exemple peut être donné des méthodes d'entretien de l'IGN, qui recourent les pratiques de nombreux acteurs en charge d'infrastructures. Les sections suivantes abordent le cas des réseaux de géodésie (section 3.4.6.2), de nivellement (section 3.4.6.1), de gravimétrie (section 3.4.6.3), et des réseaux GNSS (section 3.4.6.4).

3.4.6.1. Réseaux matérialisés de nivellement

Le réseau matérialisé de nivellement entretenu est aujourd'hui un ensemble de 13000 « triplets » de repères répartis sur le territoire de façon à bien desservir les zones habitées.

L'entretien de ce réseau consiste à contrôler l'intégrité de la matérialisation, remplacer les repères disparus (par exemple détruits à l'occasion de travaux), déterminer à nouveau l'altitude de repères dont le support s'est déplacé ou a été détérioré (pour des raisons naturelles – mouvements du sol – ou artificielles).

Un « triplet » est par choix d'organisation un ensemble d'au moins trois repères situés à moins d'un kilomètre les uns des autres et présentant entre eux une dénivelée inférieure à 30m.

Cette configuration permet de vérifier aisément l'intégrité du réseau, le rapprochement des repères réduisant le coût de la redondance de la mesure. Cette vérification d'intégrité peut ainsi être partagée entre l'IGN et les usagers eux-mêmes qui peuvent signaler les incohérences constatées.

En outre, l'IGN a mis place une procédure de ré-observation permettant un appui sur le réseau GNSS permanent pour reconstruire entièrement un triplet.

3.4.6.2. Réseaux matérialisés de géodésie

Le réseau de base français, qui constitue le réseau de référence maintenu par l'IGN a également été historiquement constitué de points multiples rapprochés les uns des autres. Cette configuration peut permettre le même type d'entretien que pour les réseaux de nivellement. Cependant, la mesure géométrique s'appuie aujourd'hui majoritairement sur les observations GNSS, et donc sur le Réseau GNSS Permanent.

3.4.6.3. Réseaux matérialisés de gravimétrie

Dans le cas du réseau de gravimétrie, l'entretien consiste à la fois en l'entretien du repère marquant la position de la mesure (entretien d'un point géodésique, cf. section 3.4.6.2) et en l'entretien de la valeur de la pesanteur mesurée, si elle a évolué ou si le point a été déplacé (détruit et reconstruit).

La détermination de la valeur de la pesanteur peut être conduite en gravimétrie relative, par cheminement entre le réseau stable et le point à reconstruire. Alternativement, elle peut faire l'objet d'une mesure de gravimétrie absolue. Dans les deux cas, la nouvelle mesure sera reliée par cheminement au réseau stable. La valeur publiée pour le réseau de référence sera recalculée par ajustement de l'ensemble du réseau.

3.4.6.4. Réseau GNSS Permanent

L'entretien du RGP repose sur la maintenance opérationnelle des stations existantes, la suppression des stations obsolètes et l'intégration de nouvelles stations dans le réseau, toujours en collaboration entre les partenaires propriétaires des stations et l'IGN gestionnaire du réseau et diffuseur des données. Si par sa nature collaborative, le RGP est dépendant des partenaires qui y contribuent quant à la répartition géographiques des stations, il est néanmoins utile de veiller collectivement à une couverture exhaustive homogène du territoire.

Au delà de l'entretien de l'infrastructure matérielle du réseau de stations, il est important d'adapter continuellement le RGP à l'évolution des formats des données diffusées (passage au format Rinex 3 et 4) et des protocoles de communication informatique (HTTPS en complément de FTP par exemple), tout en garantissant la conservation et la diffusion des données historiques (enregistrées depuis l'installation des stations permanentes).

3.5. Cartographie des acteurs

Cette section dresse une cartographie des acteurs concernés par l'usage et l'entretien des infrastructures géodésique. Ce rapport distingue les producteurs d'infrastructures, c'est à dire les organismes ou entreprise en charge d'entretien d'infrastructures géodésiques (section 3.5.1) et les usagers de ces mêmes infrastructures, pour lesquels sont distingués les usagers directs (section 3.5.2), qui appuient ou ordonnent des travaux appuyés sur les infrastructures géodésiques, et les usagers indirectes, qui en bénéficient sans exécuter ni commanditer de travaux de mesure les utilisant (section 3.5.3).

3.5.1. Producteurs d'infrastructures

Les producteurs d'infrastructures géodésiques sont classés dans cette sections suivant leur statut juridique.

3.5.1.1. Services centraux et opérateurs de l'État

L'IGN a en charge la définition et l'entretien des réseaux matérialisés de géodésie, nivellement et gravimétrie ainsi que des stations du RGP dont il est opérateur dans le cadre de sa mission d'entretien et de mise à disposition de la référence nationale. L'institut assure également la diffusion des données sur ces points matérialisés et des données issues des stations RGP.

La DGFIP est conduite à entretenir des canevas cadastraux appuyés sur les réseaux de référence nationaux dans le cadre de ses missions relatives à la propriété foncière.

Le CNRS et les Universités, en partenariat avec d'autres acteurs, mettent en œuvre des infrastructures de recherche qui déploient des infrastructures géodésiques. Les infrastructures de recherche RESIF-EPOS (qui devient EPOS-France) et ILICO sont notamment porteuses des réseaux d'équipements GNSS, de points géodésiques matérialisés et de points gravimétriques.

Le CNES, en partenariat avec l'IGN, met en œuvre le réseau REGINA, réseau mondial d'une quarantaine de stations GNSS permanentes, qui contribue à l'infrastructure de géodésie mondiale au travers du service international des GNSS mis en place par l'Association internationale de géodésie.

3.5.1.2. *Entreprises publiques*

Les entreprises publiques en charge de grands ouvrages ou de réseaux (énergie, communications...) entretiennent des infrastructures géodésiques pour leurs besoins propres de surveillance de leurs infrastructures. C'est notamment le cas d'EDF et de la SNCF au travers de SNCF-Réseau.

3.5.1.3. *Les collectivités locales*

Les collectivités locales constituent et entretiennent principalement des réseaux de géodésie et de nivellement afin de densifier l'offre en complément de l'infrastructure nationale. L'IGN a mis en place avec certains partenaires des conventions pour assurer la diffusion des fiches signalétiques des points composant ces infrastructures.

On peut classer ces acteurs en trois catégories :

- les EPCI , en particulier les Métropoles,
- des entités soutenues notamment par les Conseils Régionaux, les Conseils Départementaux, les Agglomérations voire l'IGN (CRAIG en Auvergne-Rhône-Alpes, CRIG PACA, CRIG Occitanie,...),
- un exemple de Conseil Départemental avec la Seine-Saint-Denis.

3.5.1.4. *Le secteur privé*

Des services commerciaux de positionnement temps réel s'appuient sur une infrastructure de stations permanentes. Parmi les sociétés opérant sur le territoire national, on peut citer (liste non exhaustive) : TERIA, SAT-INFO, Orphéon, Lél@, ACTISAT, COOP & TECH.

D'autres sociétés en charge de la gestion d'infrastructures particulières (voies de communication, par exemple) établissent et entretiennent des réseaux géodésiques pour leurs besoins propres. La Compagnie Nationale du Rhône, dont un membre a participé à ce travail, en est un exemple.

3.5.2. Usagers directs

3.5.2.1. *Maîtrise d'œuvre*

Ces usagers peuvent être issus de la sphère publique. En particulier, tous les producteurs d'infrastructures géodésiques cités précédemment sont usagers de leur propre infrastructure et de l'infrastructure nationale dans le cadre de l'entretien de celle-ci.

D'autres acteurs publics sont conduits à utiliser les infrastructures géodésiques pour leurs travaux demandant de la géolocalisation – en particulier pour les applications de classe centimétrique ou millimétrique. Le BRGM, le SHOM, le CEREMA, etc. en sont des exemples.

Dans le domaine du secteur privé, on peut citer les Géomètres-Experts, les opérateurs de topographie des entreprises de construction, de voirie et de réseaux divers.

3.5.2.2. Maîtrise d'ouvrage

Les usagers en charge de la maîtrise d'ouvrage sont pour certains également maîtres d'œuvre comme l'IGN, SNCF Réseau, ENEDIS, les EPCI et autres collectivités locales.

A ces acteurs s'ajoutent les entités en charge de la maîtrise d'ouvrage de travaux en lien avec la construction (bureaux d'études, architectes, Établissements Publics Fonciers de l'État (EPF) et les deux Établissements Publics Fonciers et d'Aménagement (EPFA), Sociétés d'Économie Mixte (SEM)).

3.5.3. Usagers indirects

Ces usagers sont en charge de l'exploitation des mesures et résultats d'études ayant pour source l'infrastructure nationale :

- Météo France pour les données issues des observations GNSS ;
- La Direction Générale de Prévention des Risques (GNSS et Nivellement) ;
- Les Établissements publics à caractère scientifique et technologique (EPST) pour la localisation de données d'observations ;
- Le Service central d'hydrométéorologie et d'appui à la prévision des inondations (SCHAPI) ;
- Le SHOM ;
- ...

4. Définition détaillée d'une consultation des acteurs

La multiplicité des usages et des acteurs a conduit le groupe de travail à préconiser la mise en place d'une consultation nationale permettant une analyse fine des besoins.

Cette section définit les attendus d'une telle consultation des acteurs, producteurs et usagers des infrastructures géodésiques entretenues sur le territoire national évoquées dans la section 1.

Elle vise à circonscrire les informations nécessaires à l'établissement d'un plan d'évolution de ces infrastructures, tant en ce qui concerne l'entretien assuré par l'État qu'en ce qui concerne la valorisation des synergies possibles entre les acteurs producteurs de ces infrastructures.

Ces informations concernent l'identité de la personne consultée (section 4.2), l'usage pour lequel il conduit son activité (section 4.3), le contenu de cette activité (section 4.4), les moyens techniques qu'elle met ou fait mettre en œuvre (section 4.5), son degré d'exigence et de satisfaction relatif aux infrastructures géodésiques (section 4.6), et sa vision des besoins à venir (section 4.7). Ces informations ont été identifiées en réunions du groupe de travail des 1^{er} juin, 9 septembre, 12 octobre et 5 décembre 2022, et consolidées par un travail collectif du groupe sur le texte dans le courant du second semestre 2023. Au préalable, la section 4.1 rappelle les éléments d'information à communiquer aux personnes interrogées.

Cette section ne préjuge pas de la forme que devrait prendre cette consultation ni de ses modalités.

4.1. Objet de la consultation

Les personnes physiques ou morales consultées doivent avoir connaissance du contexte de l'étude, de ses objectifs et de la liste des organismes consultés.

Le contexte et les objectifs de l'étude sont présentés dans la section 1 de ce document. Il devront être résumés en, au plus, une page précisant a minima la supervision du Conseil national de l'information géolocalisée et l'enjeu d'établissement d'un plan d'évolution national des infrastructures géodésiques (stations GNSS permanentes, repères géodésiques, repères de nivellement, points de référence gravimétriques).

4.2. Identité

4.2.1. Périmètre visé

La consultation porte sur les infrastructures décrites dans la section 1.3 de ce document : infrastructures pérennes (locales, régionales, nationales) donnant accès à une référence nationale actuelle ou ancienne (coordonnées géométriques, altitude, valeur de la pesanteur).

La consultation doit interroger un panel représentatif des usagers évoqués dans la section 3 de ce document. Elle doit notamment échantillonner :

- ✕ des usages des quatre types d'infrastructure étudiés (GNSS, repères géodésiques, repères de nivellement, points gravimétriques) – voir section 3.4, périmètre thématique ;
- ✕ des usages par des organismes publics et privés (en excluant le secteur de la Défense) – voir section 3.5, acteurs ;
- ✕ des usages en temps réel et en temps différé ;
- ✕ des finalités opérationnelles, scientifiques et de politiques publiques.

L'enquête est limitée au périmètre géographique défini dans la section 3.2 (territoire national). Les besoins relatifs à la connexion aux pays frontaliers font partie intégrante de l'étude.

Les usagers interrogés seront en premier lieu les donneurs d'ordre de travaux utilisant directement les infrastructures concernées, pour ce qu'ils peuvent apporter à la fois des informations sur l'usage de ces travaux et des informations concernant le besoin technique relatif à l'infrastructure géodésique.

Cependant, l'enquête couvrira également les usagers indirects (utilisateurs d'informations issues des infrastructures géodésiques), notamment dans le domaine de prévention des risques et de la gestion de crise (prévision météorologique, surveillance de déformations, état des lieux post-crise...). Elle recueillera également les points de vue d'exécutants utilisateurs directs des infrastructures concernées (cabinets de géomètres, bureaux d'études...).

4.2.2. Attendus concernant l'identité

La consultation ne sera pas anonyme. Suivant la philosophie de transparence du CNIG, les informations recueillies doivent conserver une source identifiée.

Les informations seront recueillies auprès du monde professionnel. L'identification du répondant est d'abord l'identification de l'entreprise consultée et du service de cette entreprise ayant pris en charge la réponse détaillée. L'identification d'un point de contact nominatif est souhaitée afin de

pouvoir demander des compléments d'information pendant l'exploitation des remontées de la consultation.

Les remarques sur le périmètre enquêté (section 4.2.1) appellent une description des finalités portées par l'entité interrogée et de son activité. C'est l'objet des sections suivantes.

4.3. Finalité de l'activité

Le recueil d'information sur les usages finaux de l'activité du répondant vise en premier lieu à s'assurer de la représentativité de l'enquête conduite. Il s'agit d'essayer de couvrir l'ensemble des besoins de la société.

Il peut également apporter un complément d'information sur les besoins techniques sous-jacents (précision, exactitude...).

On demandera au répondant de décrire les finalités de son activité, aussi bien au niveau général (exemple : entretien d'un réseau de communication) qu'au niveau plus précis qui concerne l'usage des infrastructures géodésiques (exemple : contrôle de la stabilité de ce même réseau).

Suivant les remarques de la section 4.2.1, la consultation devra permettre de situer la fonction de l'entreprise du répondant et du répondant lui-même selon son niveau de décision (donneur d'ordre / exécutant), son niveau d'usage d'infrastructures géodésiques (utilisateur direct, donneur d'ordre à des utilisateurs directs, utilisateur indirect), et de préciser les infrastructures géodésiques qui le concernent (GNSS, repères géodésiques, repères de nivellement).

On demandera également de préciser le périmètre géographique d'intervention du répondant – communal, départemental, régional, ou national.

Ces informations peuvent relever d'un questionnaire fermé comme d'une description suffisamment précise de l'activité permettant de les comprendre.

Des éléments techniques plus précis seront collectés dans la description détaillée de l'activité du répondant (section suivante).

4.4. Activité

La description de l'activité du répondant vise à comprendre le retour qu'il peut faire sur ses besoins en matière d'infrastructure géodésique (section 4.6 ci-après).

On distinguera les utilisateurs dits « directs » des infrastructures géodésiques – c'est à dire les usagers commanditaires de travaux utilisant ces infrastructures directement, ou exécutants de tels

travaux – des utilisateurs dits « indirects » – c’est à dire les usagers utilisant des informations issues de ces infrastructures sans effectuer ni faire effectuer de mesures impliquant ces infrastructures.

Parmi les utilisateurs directs, on distinguera les utilisateurs en charge de l’entretien d’infrastructures géodésiques (y compris pour leur propre compte) des utilisateurs sans charge d’entretien.

4.4.1. Utilisateurs directs

4.4.1.1. Questions générales

Les utilisateurs directs sont supposés réaliser ou faire réaliser des travaux de levé utilisant les coordonnées ou valeurs mesurées associées à des points matériels porteurs d’un équipement géodésique (clou ou borne pérenne, repère de nivellement, antenne GNSS).

La consultation précisera la nature et l’emprise des levés réalisés ou commandités :

- x dimension des levés : linéaires ou surfaciques ; 2D ou 3D ;
- x nature des objets levés : corps de rue, récolement de travaux ou de réseau, voirie, réseau routier, ferré ou fluvial... ;
- x méthodes de levés : terrain, aérien, satellitaire (une description plus détaillée des techniques est abordée section 4.5) ;
- x emprise géographique des levés (dimension et localisation) en précisant notamment si les levés peuvent être transfrontaliers ; on visera également à évaluer si l’activité sur certains territoires présente des spécificités, soit en raison de leur géographie (îles, haute montagne...), soit en raison de leur équipement (voies de communication, réseaux de télécommunication...).

Elle précisera l’apport de l’infrastructure géodésique utilisée à ces levés :

- x accès à la coordonnée légale (ou référencement des levés) ;
- x contrôle de la qualité des levés.

Elle précisera la répétitivité de ces levés :

- x levés uniques (visée cartographique) ;
- x levés répétés (mesure de mouvement) ;
- x levés continus (surveillance).

Elle abordera la question de la temporalité entre le levé et l'exploitation des coordonnées résultant des levés :

- x exploitation en temps différé (traitement au bureau postérieur au levé) ;
- x exploitation en temps réel ou quasi réel (utilisation de coordonnées sur le terrain) ;
- x mode mixte (exemple : positionnement approché en temps réel ; détermination finale en temps différé).

Elle donnera un ordre de grandeur de la précision recherchée (cette question sera approfondie section 4.6) sous la forme d'une classe de précision qualitative. Par exemple, pour les levés de coordonnées : millimétrique, centimétrique, décimétrique pour les positions ; millimétrique, centimétrique, etc. par an pour les mouvements ; en distinguant la cohérence locale recherchée et l'exactitude absolue des coordonnées. Pour les levés gravimétriques, on exprimera des classes de précisions en multiples du μGals ($10^{-8} \text{ m}^2\text{s}^{-2}$).

La notion de classe de précision est définie par l'arrêté du 16 septembre 2003 portant sur les classes de précision applicables aux catégories de travaux topographiques réalisés par l'État, les collectivités locales et leurs établissements publics ou exécutés pour leur compte. Dans cette description générale de l'activité, il n'est pas nécessaire de s'y référer formellement : on recherche avant tout une information qualitative.

Pour les activités de mesures répétées de niveau de précision millimétrique ou infra-centimétrique, la question de la pérennité de l'infrastructure géodésique elle-même pourra être discutée : l'utilisateur est-il concerné par le mouvement des points de l'infrastructure géodésique elle-même ou n'est-il concerné que par la coordonnée déduite sur ses propres objets ?

Enfin, un ordre de grandeur de la volumétrie des levés effectués annuellement sera indiqué.

4.4.1.2. Utilisateurs en charge d'entretien d'infrastructures géodésiques

Pour les utilisateurs en charge d'entretien d'infrastructures géodésiques, on demandera de préciser (en ordre de grandeur) la taille et la densité de ces infrastructures maintenues en propre : nombre de points, nombre de points au km^2 pour les infrastructures surfaciques, nombre de points au km pour les infrastructures linéaires, nombre d'antenne GNSS le cas échéant,... et les modalités partenariales éventuelles si les infrastructures sont coconstruites entre plusieurs acteurs.

Ces précisions pourront faire l'objet de plusieurs réponses selon que l'usager entretient plusieurs types d'infrastructures ou des infrastructures de plusieurs classes de précision.

Dans la description de ces infrastructures, on fera préciser la nature de la monumentation adoptée pour l'implantation des repères ou des antennes.

La consultation fera préciser le rattachement de ces infrastructures géodésiques à l'infrastructure nationale entretenue par l'IGN :

- × intégration au RGP ou détermination par les services du répondant dans le cas des antennes GNSS :
- × le cas échéant nombre de liaisons de rattachement, densité de ces liaisons (ou toute information indicative) pour les réseaux de repères (points de polygonation, repères de nivellement ou points gravimétriques) ;
- × nature du repère de référence utilisé (système de coordonnées, d'altitude, gravimétrique).

Elle posera également la question de l'entretien de ces infrastructures : périodicité de visite et de mesure ; modalités d'entretien ; collaborations éventuelles dans ce domaine, etc.

On demandera également au répondant si les informations géodésiques concernant ces infrastructures sont publiques, si elles sont publiées (accessibles à d'autres usagers) et le cas échéant par quels moyens. On demandera si elles sont utilisées par des tiers. Si des statistiques d'utilisation existent et sont communicables, on les recueillera pour complément d'information sur l'usage de ces infrastructures.

4.4.2. Utilisateurs indirects

Les utilisateurs indirects peuvent être des commanditaires de travaux nécessitant des levés (mais sans être ordonnateurs des levés eux-mêmes) ou des utilisateurs d'information issue des infrastructures géodésiques ne nécessitant pas de levé.

A titre d'exemple du premier cas, dans le cadre d'études, de suivi de politiques publiques, etc., un utilisateur peut commander une cartographie à un prestataire. Cette cartographie demandera un levé, mais l'utilisateur commanditaire n'est pas ordonnateur du levé.

A titre d'exemple du second cas, Météo-France utilise des résultats de traitement des stations GNSS permanentes du territoire français pour la prévision météorologique, sans être ordonnateur de levés GNSS.

Les utilisateurs indirects ne sont pas concernés par la majorité des questions soulevées pour les utilisateurs directs.

La consultation se limitera pour ces utilisateurs à délimiter :

- × la nature de leur activité concernée par les infrastructures géodésique (et/ou par l'accès à un géoréférencement dans la référence nationale) ;
- × l'emprise géographique de leur activité ;

- x la répétitivité des productions concernées ;
- x la temporalité de ces productions (temps réel ; quasi réel ; différé).

La consultation s'efforcera de recueillir des éléments généraux concernant les objectifs de précision du répondant selon la nature des productions. Pour les productions de nature cartographique, la question de la qualité de géolocalisation des produits peut être évoquée (exactitude du géoréférencement ; cohérence géométrique locale...). Dans les autres cas, le questionnement devra être adapté.

4.4.3. Attendus spécifiques aux personnes maîtres d'ouvrage / donneurs d'ordre

Lors de la consultation de donneurs d'ordres, on s'efforcera d'apporter un éclairage des questions relatives au contrôle qualité des travaux. Quelles normes, directives, bonnes pratiques etc. suit le répondant pour spécifier les opérations de contrôle qualité de la géolocalisation sur les travaux commandités : densités / précision de points de contrôle... Peut-il communiquer des ordres de grandeur dans ce domaine ? Quel rôle jouent les infrastructures géodésiques dans ce contrôle qualité ?

4.4.4. Attendus spécifiques aux personnes maître d'œuvre

Les maîtres d'œuvre (exécutants de travaux) peuvent être consultés sur le contrôle qualité comme les maîtres d'ouvrage (donneurs d'ordre, section 2.2.4). Les questions seront alors orientées non plus vers la spécification des travaux mais vers les directives reçues de leur commanditaire. On cherchera également à souligner le rôle des infrastructures géodésiques pour le respect de ces directives.

4.5. Moyens techniques mis en œuvre

La nature des moyens techniques est une source d'information sur les exigences de précision de l'utilisateur.

La consultation visera donc, lorsque c'est pertinent (consultation de maîtres d'œuvres, de services techniques...) à lister les matériels utilisés : GNSS, moyens terrestres, lidar, photogrammétrie... si possible en précisant les spécifications de qualité des dits instruments (où en renseignant des références techniques permettant de les retrouver).

Le cas échéant, elle demandera de préciser les protocoles de mesure et/ou d'exploitation : temps réel / temps différé / redondance...

Elle précisera en particulier les éléments de la méthode de travail relatifs à l'usage des infrastructures géodésiques : accroche systématique à un repère de référence ou pas, vérification systématique sur plusieurs repères/stations ou pas, utilisation directe de points d'infrastructure (stations GNSS permanentes, repères matériels référencés) ou utilisation indirecte via des services de calcul en ligne, ou via un fournisseur de coordonnées de référence....

Lorsque des points d'infrastructure sont explicitement utilisés, la consultation cherchera à établir le mode d'accès aux informations géodésiques relatives à ces points : accès via un service en ligne, une application (comme Géodésie de poche pour les points géodésiques et les repères de nivellement) ou consultation d'une archive locale (stockage local de l'information, fiches imprimées...) ? L'objet de cette question est d'apporter un éclairage sur l'actualité de l'information recherchée par l'utilisateur.

4.6. Degré d'exigence

La consultation devra de cerner les besoins de l'utilisateur interrogé concernant les infrastructures géodésiques en termes de précision, de densité, d'actualité, de disponibilité, de pérennité et de facilité d'usage. Dans ces domaines, elle visera à ressembler des éléments factuels permettant de juger des besoins effectifs actuels ou à court terme.

4.6.1. Précision

La consultation s'efforcera de conserver un niveau de langage compréhensible du non spécialiste. Concernant la localisation dans l'espace ou en altitude, on parlera qualitativement de précision millimétrique, centimétrique, décimétrique. Concernant les mesures gravimétriques, on parlera de la même manière qualitativement de précision en μGal (10 μGals , 100 μGals , 1 mGal) – le μGal étant défini comme $10^{-8} \text{ m}^2\text{s}^{-2}$.

La consultation distinguera ce qui relève de la cohérence locale des mesures – c'est à dire de la précision interne, ou de la précision locale – de ce qui relève de l'exactitude des coordonnées ou des valeurs dans le système légal. Les questions posées dans ce domaine veilleront à bien clarifier le vocabulaire utilisé.

4.6.1.1. Utilisateurs directs

Pour les utilisateurs directs (maître d'œuvre ou maîtres d'ouvrage rédacteurs de spécification de mesure – voir section 4.2.1), la consultation interrogera les spécifications de mesures dans les chantiers conduits ou ordonnés en demandant de préciser :

- × la taille des chantiers (en longueur ou en surface, selon les cas) ;
- × la précision relative ou cohérence locale ou précision interne qui peut se traduire par exemple par une tolérance sur la fermeture des observations ;
- × l'exactitude absolue des coordonnées ou valeurs déterminées, qui peut se traduire par exemple par la tolérance sur un ensemble de points de contrôle.

On cherchera à obtenir du répondant une valeur indicative (un « chantier moyen ») ainsi que des valeurs extrêmes (chantier le plus exigeant). Il sera demandé en outre de préciser la nature des contrôles effectués tant pour l'estimation de la cohérence locale (description brève de la méthode d'évaluation) que pour l'estimation de l'exactitude absolue (qualité des points de contrôle, nombre...).

Une attention particulière sera portée aux usages du nivellement : le lien entre besoin en précision et emprise géographique fait partie des questions critiques. La consultation visera à bien clarifier le besoin de l'utilisateur, si nécessaire en lui demandant d'explicitier assez finement ses modes opératoires (décompositions de ses chantiers en zones, méthodes de mise en cohérence des zones, etc.).

4.6.1.2. Utilisateurs indirects

Dans le cas des utilisateurs indirects, on veillera à déterminer si l'utilisateur formule des spécifications ayant une incidence sur le besoin en précision et en exactitude des infrastructures – soit qu'il spécifie des travaux incluant la production de données géolocalisées (on tentera alors de connaître les besoins en précision de géolocalisation), soit qu'il utilise des produits issus d'une infrastructure géodésique (on tentera alors de connaître ses exigences de qualité sur ces produits).

4.6.2. Densité

La consultation questionnera les besoins en densité de points d'infrastructure, soit en terme de nombre de points au km², soit en terme de distance maximale et moyenne entre les points d'infrastructure.

Elle identifiera les raisons motivant le besoin dans ce domaine : maîtrise de la qualité, optimisation du coût des levés, optimisation du coût de l'entretien pour les acteurs en charge d'une infrastructure...

4.6.3. Actualité et disponibilité

Les besoins en actualité et en disponibilité dépendent des usagers, selon qu'on parle d'utilisation en temps réel ou quasi réel – c'est à dire utilisant des signaux diffusés en temps réel ou très peu différé – ou d'utilisation en temps différé.

4.6.3.1. Applications temps réel ou quasi réel

Les applications en temps réel ou quasi réel ne concernent que les utilisateurs des GNSS. Pour les utilisateurs de signaux en temps réel ou peu différé (quelques heures), on parlera avant tout de la disponibilité des signaux. La consultation cherchera à connaître les contraintes de l'utilisateur vis à vis de la latence, des interruptions de services...

La consultation visera à obtenir de sa part une évaluation qualitative de la gêne occasionnée par les ruptures de service, par exemple sur la base d'un petit nombre de classes de durée d'interruption (e.g. 10 mn, 1h, 1jours) et d'une notation qualitative (e.g. sans effet, gênant, très gênant, rédhibitoire). Elle évaluera également la situation ressentie par l'utilisateur : les ruptures de service sont-elles rares, fréquentes, très fréquentes ? L'utilisateur a-t-il pris des dispositions pour pallier ces ruptures de service ?

La consultation s'efforcera pour ce questionnement de distinguer la dépendance à un service de géolocalisation et la dépendance à des stations GNSS particulières en questionnant explicitement ce second point (rupture du signal de stations particulières).

La question du compromis entre disponibilité (de chaque station) et densité du réseau devra également être discutée, en particulier avec les opérateurs de réseau de géolocalisation.

4.6.3.2. Applications en temps différé.

Pour les applications en temps différé, la consultation tentera de mesurer l'importance de l'actualité de l'information diffusée sur les éléments de l'infrastructure géodésique. On cherchera à déterminer, qualitativement, dans quelle mesure les écarts entre l'information diffusée et la réalité du terrain sont pénalisants pour l'utilisateur. Par exemple, l'inexistence d'un repère (géodésique, de nivellement) référencé dans les documents de préparation de mission terrain...

La consultation visera en outre également à faire un état des lieux de la situation ressentie : les écarts sont-ils fréquents (dans l'activité du répondant) ; quelles dispositions sont prises pour pallier les difficultés occasionnées ?

La question d'un éventuel compromis entre actualité et densité de l'infrastructure pourra également être abordée. A titre d'exemple, l'impact pour l'utilisateur de la disparition d'un repère de nivellement référencé est moindre s'il s'agit d'un réseau dense, car la distance d de cheminement au repère voisin est moindre.

4.6.4. Pérennité

La consultation cherchera à évaluer les besoins des usagers de disposer de points d'infrastructure pérennes, c'est à dire de points matériels identifiés de durée de vie individuelle multi décennale – ces points pouvant être matérialisés par un repère matériel et/ou par une antenne GNSS.

Ce besoin ne concerne a priori que les usagers qui s'intéressent à la mesure de mouvements sur de longues périodes et à l'observation de phénomènes à long terme (évolution du climat par exemple).

La consultation visera à améliorer la connaissance des acteurs demandeurs de points pérennes, et à évaluer la densité de points pérennes nécessaire à leur usage.

4.6.5. Accès aux données

La consultation abordera la question de l'accès aux données et aux métadonnées des points d'infrastructure. Elle visera notamment à évaluer l'importance pour les usagers (directs et indirects) des conditions d'accès à l'information : liberté d'accès, facilité technique, clarté de la licence, et pour les acteurs en charge d'infrastructures, les contraintes et les freins dans ce domaine.

4.6.6. Complexité opérationnelle

La consultation tentera de mesurer la satisfaction des usagers quant à la complexité opérationnelle d'usage des infrastructures géodésiques actuelles. Elle évaluera en particulier :

- ✕ la facilité d'accès à l'information (relative aux données géodésiques des points de l'infrastructure) ;
- ✕ la facilité à spécifier des travaux s'appuyant sur ces infrastructures ;
- ✕ la facilité à réaliser des travaux s'appuyant sur ces infrastructures.

Elle questionnera notamment sous cet angle les besoins en densité d'infrastructure (distance au point le plus proche, disponibilité de redondance, etc.), mais pourra également revenir sur les aspects liés à la disponibilité ou à l'actualité des données.

L'objet de ce volet de l'enquête est de collecter le cas échéant des critiques potentiellement révélatrices de manques actuels. Il peut amener les usagers à commenter l'évolution de l'infrastructure géodésique dans ces vingt dernières années.

La consultation cherchera à comprendre les motifs d'insatisfaction et invitera les répondants à décrire les solutions qu'ils ont mis ou tenté de mettre en place pour pallier ces insatisfactions. L'IGN est par exemple intéressé par tout retour d'expérience sur l'évolution du réseau de nivellement vue par ses utilisateurs, suite au changement de méthode d'entretien des années 2000 (entretien par triplets).

4.7. Prospective sur les besoins futurs

Les infrastructures géodésiques constituant un équipement du territoire à durée de vie longue, la réflexion actuelle conduira à un plan d'évolution dont l'impact se fera sentir au bout de plusieurs années. La consultation doit ainsi comporter une dimension prospective.

Il s'agira de rechercher chez les usagers une expression de leur vision de leurs besoins dans ce domaine dans un avenir de cinq à dix ans. Cet exercice de prospective reprendra les dimensions abordées dans la section 4.6, en recherchant l'expression d'un besoin futur en terme de précision, densité, actualité, pérennité, et accès aux données.

La réflexion pourra s'appuyer sur une prospective plus générale sur l'évolution de l'activité concernée : comment va-t-elle évoluer en volume (croissance / décroissance), quelles possibles évolutions du secteur (techniques, acteurs, usages) vont l'impacter, quelles mutations sont déjà engagées ?

La consultation cherchera à détailler les conséquences perçues en terme de besoin d'infrastructures géodésiques, et, pour les acteurs chargé d'entretien dans ce domaine, d'évolution de leurs propres infrastructures.

Annexe 1 : Liste des membres du Groupe de travail « Usages des infrastructures géodésiques »

Les membres du groupe de travail « Usages des infrastructures géodésiques » y siègent pour le compétences personnelles. Ils n’y représentent pas leur organisme d’appartenance.

Prénom	Nom	Organisme, rôle
Zuheir	Altamimi	IGN-ENSG
Gaël	André	SHOM
Ludovic	Andres	Université de la Côte d’Azur
Frédéric	Auger	TOTAL Energie
Frédéric	Bertrand	IGN
Antoine	Beuvain-Pacheco	SNCF-Réseau
Philippe	Bierry	CLAAS
Claude	Boniface	CNES
Serge	Botton	IGN-ENSG
Claude	Boucher	Bureau des Longitudes
Bertrand	Boullard	TOPOSAT
Pierre	Briole	CNRS, président de la commission géopositionnement
Gilles	Canaud	IGN
Denis	Casalta	ACTIPLAN
Paul	Chambon	TERIA
Xavier	Collilieux	IGN-ENSG
Erwan	Combot	SHOM
Erik	Doerflinger	RESIF-EPOS
Thierry	Duquesnoy	IGN
Paul-Henri	Faure	CNR
Gilbert	Ferhat	INSA-Strasbourg
Jean-Baptiste	Fresse	IGN, secrétaire du groupe
Bruno	Garayt	IGN
Thierry	Gattacceca	IGN
Calixte	Génin	iXblue
Thibault	Gianelli	SHOM
Valentin	Hagenmüller	Collectivité de Strasbourg
Olivier	Jamet	IGN, animateur du groupe
Boubacar	Kader-Aba-Agi	SATINFO
Michel	Kasser	Association des Ingénieurs Géomètres de Suisse Occidentale
Laurent	Morel	ESGT
Simon	Olive	TOTAL Energie
André	Pereira	ALTAMETRIS
Alexandre	Royer	GRTGAZ
Sébastien	Saur	IGN
Nicolas	Schaller	Geotopo
Thomas	Touzé	EDF
Charles	Velut	IGN, secrétaire de la commission géopositionnement
Philipper	Vernant	RESIF-EPOS
Hervé	Wyocinski	D3E Electronique

Annexe 2 : Sigles et acronymes

BRGM	Bureau de recherches géologiques et minières
CC:BY	Licence <i>Creative Commons</i> (association) dite attributive : tout usage autorisé avec obligation de citation du détenteur de la propriété.
Centipède	Réseau collaboratif de Bases GNSS pour le RTK initié par l'INRAE
CEREMA	Centre d'études et d'expertise sur les risques, l'environnement, la mobilité et l'aménagement
CNES	Centre national d'études spatiales
CNIG	Conseil national de l'information géolocalisée
CNR	Compagnie nationale du Rhône
CNRS	Centre national de la recherche scientifique
CRIG	Conseils régionaux de l'information géographique
DGFiP	Direction générale des finances publiques
EDF	Electricité de France
ENEDIS	Filiale d'EDF chargée de la distribution de l'électricité et de la gestion du réseau
EPCI	Etablissement publique de coopération intercommunale
EPOS	<i>European plate observing system</i> / Système d'observation de la plaque européenne ; infrastructure de recherche européenne.
EPST	Etablissement publique à caractère scientifique et technologique
ERNIT	Entretien du Réseau de Nivellement par les Triplets (procédure de l'IGN)
ESGT	Ecole supérieure des géomètres et topographe (école du Conservatoire national des arts et métiers)
FTP	<i>File transfer protocole</i> / Protocole de transfert de fichier
GALILEO	Système de navigation par satellite européen
GNSS	<i>Global navigation satellite systems</i> / Systèmes globaux de navigation par satellite
GT UIG	Groupe de travail « Usage des infrastructures géodésiques »
HTTPS	<i>Hypertext Transfer Protocol Secure</i> / Protocole de transfert de l'hypertexte sécurisé
IGN	Institut national de l'information géographique et forestière
IGN69	Référence d'altitude NGF-IGN 1969
ILICO	Infrastructure de recherche littorale et côtière : infrastructure de recherche nationale.
INRAE	Institut national de recherche pour l'agriculture, l'alimentation et l'environnement
INSA	Institut national des sciences appliquées (groupe d'écoles d'ingénieurs)
INSU	Institut national des sciences de l'Univers (institut du CNRS)

IR	Infrastructure de recherche
ITRS	<i>International terrestrial reference system</i> / Système de référence terrestre international.
MNS	Modèle numérique de surface
MNT	Modèle numérique de terrain
NGF	Nivellement général de la France
NIREF	Nivellement de référence (réseau de nivellement de haute précision)
NRTK	<i>Network real time kinematics</i> / Cinématique en temps réel par réseau.
NTF	Nouvelle triangulation française (ancienne référence géodésique)
ODBL	<i>Open database licence</i> / licence ouverte pour les bases de données.
ONU	Organisation des Nations Unies
PPP	<i>Precise point positioning</i> / positionnement précis par point : méthode de positionnement GNSS par traitement des observations reçues par une seule antenne
RBF	Réseau de base français (réseau de bornes géodésiques)
RDF	Réseau de détail français (réseau de bornes géodésiques)
REGINA	REseau GNSS pour l'IGS et la Navigation / réseau mondial de stations GNSS porté par le CNES et l'IGN.
RENAG	Réseau national GNSS permanent, composante de l'infrastructure de recherche RESIF-EPOS
RESIF-EPOS	Réseau sismologique français : infrastructure de recherche nationale.
RGF93	Réseau géodésique français 1993 : repère de référence géodésique en vigueur
RGP	Réseau GNSS permanent
RGPF	Réseau géodésique de Polynésie française
RINEX	<i>Receiver Independant EXchange Format</i> / Format d'échange indépendant du récepteur
RRF	Réseau de référence français : ancien réseau géodésique de référence.
RTK	<i>Real time kinematics</i> / Cinématique temps réel appuyée sur la technologie GNSS.
SCHAPI	Service central d'hydrométéorologie et d'appui à la prévision des inondations
SHOM	Service hydrographique et océanographique de la marine
SNCF	Société nationale des chemins de fer français
SNGRI	Stratégie nationale de gestion des risques d'inondation
SONEL	Système d'observation du niveau des eaux littorales, composante de l'infrastructure de recherche ILICO
TAAF	Terres australes et Antarctiques Françaises
TRI	Territoires à Risque Important d'inondation
VRS	Virtual reference station / Station de référence virtuelle (méthode de transmission des corrections GNSS à l'utilisateur)