



**Ministère de l'Écologie, du Développement Durable et de l'Énergie**  
Commissariat Général au Développement Durable  
Direction de la Recherche et de l'Innovation / Mission Génie Civil

# Évaluation externe du dispositif des « Projets nationaux », programme de recherche appliquée et d'expérimentation en génie civil

Mars 2015

ISL Ingénierie



**Rapport d'évaluation**

# TABLE DES MATIÈRES

<b>TABLE DES MATIÈRES</b>	<b>2</b>
<b>LISTE DES ILLUSTRATIONS</b>	<b>9</b>
<b>LISTE DES TABLEAUX</b>	<b>11</b>
<b>INTRODUCTION</b>	<b>12</b>
<b>SYNTHÈSE</b>	<b>13</b>
<b>OBJECTIFS ET MÉTHODE DE L'ÉVALUATION</b>	<b>15</b>
<b>1. L'OBJECTIF DE L'ÉVALUATION</b>	<b>15</b>
<b>2. POSITION DE L'ÉVALUATEUR VIS-À-VIS DU DISPOSITIF ÉVALUÉ</b>	<b>15</b>
<b>3. LES QUESTIONS ÉVALUATIVES</b>	<b>15</b>
3.1. REPRÉSENTATIVITÉ DES ACTEURS DU SECTEUR DU GÉNIE CIVIL AU SEIN DU DISPOSITIF	15
3.2. IMPLICATION HUMAINE ET FINANCIÈRE DES PARTIES PRENANTES	16
3.3. STRUCTURATION DE LA CHAÎNE D'ACTEURS DU SECTEUR DU GÉNIE CIVIL	16
3.4. OUVERTURE À DE NOUVEAUX ACTEURS	16
3.5. PRODUCTION ET PARTAGE DE CONNAISSANCES SCIENTIFIQUES ET TECHNIQUES	16
3.6. RETOMBÉES NORMATIVES ET RÉGLEMENTAIRES	16
3.7. INCUBATION D'INNOVATIONS	16
3.8. PILOTAGE ET COORDINATION ADMINISTRATIVE ET FINANCIÈRE DU DISPOSITIF	17
<b>4. UNE ÉVALUATION EN DEUX PHASES</b>	<b>17</b>
4.1. LA PHASE PRÉPARATOIRE	17
4.2. LA PHASE D'ÉVALUATION DU DISPOSITIF	17
<b>DONNÉES CLÉS SUR LE DISPOSITIF DES PROJETS NATIONAUX</b>	<b>18</b>
<b>5. LA GENÈSE DES PROJETS NATIONAUX ET L'ÉVOLUTION DU CADRE DE MISE EN ŒUVRE</b>	<b>18</b>
<b>6. LE PÉRIMÈTRE DE L'ÉVALUATION</b>	<b>21</b>
6.1. UNE ÉVALUATION CENTRÉE SUR UN PORTEFEUILLE DE 25 PROJETS	21
6.2. UN ÉCHANTILLON ILLUSTRATIF POUR L'ANALYSE DE CERTAINES DONNÉES	22
6.3. L'ÉMERGENCE DE NOUVEAUX PROJETS, DEPUIS 2012, AU-DELÀ DES 25 CONSIDÉRÉS PAR L'ÉVALUATION	23
<b>7. LES ENJEUX ÉCONOMIQUES DE LA FILIÈRE GÉNIE CIVIL</b>	<b>23</b>
<b>8. LA CHRONOLOGIE DES PROJETS</b>	<b>26</b>
8.1. DES PROJETS RÉPARTIS SUR LA PÉRIODE 1985-2012	26

8.2. UNE PROGRESSION RÉGULIÈRE DU NOMBRE DE PROJETS	26
8.3. DES PROJETS D'UNE DURÉE MOYENNE DE 6 ANS	27
<b>9. LES PARTENAIRES MOBILISÉS DANS LE CADRE DES PROJETS</b>	<b>28</b>
9.1. LES PARTENAIRES PRÉSENTS DANS LES PROJETS	28
9.2. DES PARTICIPATIONS AUX PROJETS NATIONAUX PLUS OU MOINS FRÉQUENTES	31
9.3. DES CAS FRÉQUENTS DE PARTICIPATIONS À PLUSIEURS PROJETS	31
9.4. SYNTHÈSE DES PARTENAIRES ET DE LEUR PARTICIPATION	32
<b>10. LE SCHÉMA DE FINANCEMENT DES PROJETS NATIONAUX</b>	<b>32</b>
10.1. UN SCHÉMA QUI PROCURE UN EFFET DE LEVIER POUR LE MINISTÈRE	32
10.2. ÉVOLUTION DES AUTORISATIONS D'ENGAGEMENTS SUR LA PÉRIODE 1992-2013	34
10.3. ZOOM SUR LES COTISATIONS	35
<b>11. LES COMMANDES PASSÉES DANS LE CADRE DES PROJETS</b>	<b>37</b>
11.1. DES APPORTS EN NATURE POUR COMPLÉTER LA PRISE EN CHARGE DES COMMANDES PAR LES CRÉDITS DES PROJETS	37
11.2. LA TYPOLOGIE DES COMMANDES RÉALISÉES DANS LE CADRE DES PROJETS	38
11.3. LES BÉNÉFICIAIRES DES COMMANDES	40
11.4. LA RÉCURRENCE DES COMMANDES	41
11.5. UN EFFORT D'INVESTISSEMENT VARIABLE SELON LES PROJETS ET LES PARTENAIRES	42
11.6. EFFET D'ENTRAÎNEMENT DES FINANCEMENTS PUBLICS SUR LES FINANCEMENTS PRIVÉS	44
<b>12. L'IMPLICATION DU COMITÉ D'ORIENTATION DU RGC&amp;U DANS LA VALIDATION DES PROJETS NATIONAUX</b>	<b>45</b>
12.1. LA COMPOSITION DU CODOR RGC&U	46
12.2. LES CHAMPS D'ANALYSE CRITIQUE DU CODOR RGC&U	47
12.3. LE BILAN DES AVIS FORMULÉS PAR LE CODOR RGC&U	48
<b>13. UNE CHARTE POUR DÉFINIR L'ORGANISATION ET LE FONCTIONNEMENT DES PROJETS</b>	<b>50</b>
<b>14. LA VALORISATION DES RÉSULTATS DES RECHERCHES</b>	<b>51</b>
14.1. LES MONOGRAPHIES PUBLIÉES AU TERME DES PROJETS	51
14.2. DES PROJETS ÉVOQUÉS DANS LA PRESSE SPÉCIALISÉE	55
14.3. L'ORGANISATION DE MANIFESTATIONS POUR LA PRÉSENTATION DES RÉSULTATS	58
14.4. LES THÈSES ET POST-DOCTORATS, UNE AUTRE VOIE DE VALORISATION DES RECHERCHES	58
<b>RÉSULTATS DES ENQUÊTES</b>	<b>61</b>
<b>15. LES TROIS ENQUÊTES MISES EN PLACE POUR LES BESOINS DE L'ÉVALUATION</b>	<b>61</b>
<b>16. LES RÉPONSES À L'ENQUÊTE CIBLÉE</b>	<b>62</b>
16.1. LE PARTI RETENU POUR LA PRÉSENTATION DES RÉSULTATS DE L'ENQUÊTE	62
16.2. LE PROFIL DES RÉPONDANTS	62
16.3. LES RÉPONSES AUX QUESTIONS FERMÉES	62
16.4. LA PERCEPTION DES POINTS FORTS ET DES POINTS FAIBLES DU DISPOSITIF	67
<b>17. LES RÉSULTATS DE L'ENQUÊTE DE VISIBILITÉ</b>	<b>70</b>
17.1. LE PROFIL DES RÉPONDANTS	70
17.2. DES PROJETS NATIONAUX CONNUS PAR 60% DES RÉPONDANTS À L'ENQUÊTE	70
17.3. DES RÉPONDANTS QUI CONNAISSENT LES PROJETS NATIONAUX SANS Y AVOIR PARTICIPÉ	71

17.4. UNE CONNAISSANCE DU DISPOSITIF PLUS IMPORTANTE QUE CELLE DES PROJETS QUI LE CONSTITUENT	71
17.5. DES PROJETS NATIONAUX PERÇUS COMME PORTEURS DE RÉSULTATS, NOTAMMENT EN TERMES DE PRODUCTION DE CONNAISSANCES	74
<b>18. LES RÉSULTATS DE L'ENQUÊTE AUPRÈS DES COLLECTIVITÉS TERRITORIALES</b>	<b>74</b>
18.1. LE PROFIL DES RÉPONDANTS	74
18.2. DES PROJETS NATIONAUX MÉCONNUS DES COLLECTIVITÉS	75
<b>CONSTATS ISSUS DE L'ANALYSE ÉVALUATIVE</b>	<b>76</b>
<b>19. CONSIDÉRATIONS PRÉALABLES À L'ÉNUMÉRATION DES CONSTATS</b>	<b>76</b>
19.1. LE GÉNIE CIVIL AU SENS DES PROJETS NATIONAUX	76
19.2. LA JUSTIFICATION DES CONSTATS D'ÉVALUATION	76
<b>20. UN DISPOSITIF QUI RASSEMBLE LES ACTEURS DU GÉNIE CIVIL MAIS QUI RESTE PEU MOBILISATEUR POUR LES COLLECTIVITÉS TERRITORIALES</b>	<b>77</b>
20.1. UN DISPOSITIF QUI RÉUSSIT LA RÉUNION DES ACTEURS DU GÉNIE CIVIL	77
20.2. UNE CAPACITÉ DE MOBILISATION DES PROJETS FONCTION DES ENJEUX QU'ILS TRAITENT	77
20.3. DES MOTIVATIONS DIFFÉRENTES POUR S'IMPLIQUER DANS LES PROJETS	78
Des motivations qui varient selon les partenaires	78
Une participation également conditionnée par la conjoncture économique	79
L'avantage de détenir les résultats avec un temps d'avance	79
20.4. DES COLLECTIVITÉS TERRITORIALES ABSENTES DES PROJETS LORSQU'ILS NE CONCERNENT PAS LEURS RESPONSABILITÉS	79
Le constat de la faible participation des collectivités territoriales	79
Les raisons de la faible implication des collectivités territoriales	80
Des leviers pour mobiliser les collectivités territoriales	81
<b>21. DES PARTENAIRES QUI S'IMPLIQUENT À DES DEGRÉS DIVERS</b>	<b>81</b>
<b>22. UN DISPOSITIF QUI IMPACTE LES COOPÉRATIONS ENTRE ACTEURS DU GÉNIE CIVIL</b>	<b>82</b>
22.1. DES PROJETS QUI PROCURENT UN RAPPROCHEMENT DES MÉTIERS DU GÉNIE CIVIL	82
22.2. DES PROJETS QUI OUVRENT LA COMMUNAUTÉ DU GÉNIE CIVIL À D'AUTRES MÉTIERS	84
<b>23. UNE REPRÉSENTATIVITÉ DES ACTEURS QUI NE DOIT PAS OCCULTER QUE CERTAINS SUJETS ONT ÉTÉ MOINS COUVERTS QUE D'AUTRES</b>	<b>84</b>
<b>24. DES PROJETS NATIONAUX PORTEURS DE RÉSULTATS</b>	<b>85</b>
24.1. DES PROJETS NATIONAUX UNANIMEMENT PERÇUS COMME PORTEURS DE RÉSULTATS	85
24.2. DES EXEMPLES DE NOUVELLES CONNAISSANCES ACQUISES AU TERME DES PROJETS	86
Dans le cas des projets "matériaux"	86
Dans le cas des projets "géotechnique et fondations"	87
Dans le cas des projets "procédés de construction"	88
Dans le cas des projets "réhabilitation et maintenance"	88
Dans le cas des projets "développement durable"	88
24.3. DES EXEMPLES D'OUVRAGES UTILISANT DES BÉTONS OBJETS DES RECHERCHES DES PROJETS NATIONAUX	88
24.4. DES PROJETS NATIONAUX QUI INFLUENCENT LES NORMES	91
Du para-normatif à la réglementation en passant par les normes	91

Les retombées normatives dans le cas des projets "matériaux"	91
Les retombées normatives dans le cas des projets "géotechnique et fondations"	92
Les retombées normatives dans le cas des projets "procédés de construction"	92
Les retombées normatives dans le cas des projets "développement durable"	92
Une synthèse des retombées normatives produite par la FNTF	93
Les étapes à franchir pour la transformation normative des acquis techniques des projets	93
<b>25. UNE DIFFUSION POLYMORPHE DES RÉSULTATS</b>	<b>95</b>
25.1. UNE DIFFUSION DES RÉSULTATS PERÇUE COMME EFFECTIVE	95
25.2. UNE INTERROGATION QUI DEMEURE SUR L'EFFECTIVITÉ DE LA DIFFUSION DES RÉSULTATS	95
25.3. QUATRE CONDITIONS DE RÉUSSITE DE LA DIFFUSION DES RÉSULTATS	95
L'utilité des résultats	95
Le temps de maturation des résultats	96
La capacité à s'approprier les résultats	96
L'adéquation des résultats avec les marchés des entreprises	97
25.4. UNE DIFFUSION DES RÉSULTATS PILOTÉE PAR L'IREX	97
25.5. LES OUVRAGES PUBLIÉS AU TERME DES PROJETS	97
25.6. LES PUBLICATIONS DANS LES REVUES TECHNIQUES	97
25.7. L'ORGANISATION DE MANIFESTATIONS	97
Les rencontres techniques de l'IREX	97
Les manifestations organisées dans le cadre des projets	98
25.8. LES THÈSES ET POST-DOCTORATS FINANCÉS DANS LE CADRE DES PROJETS	98
25.9. LES AUTRES FORMES DE DIFFUSION DES RÉSULTATS	99
25.10. UNE DIFFUSION DES RÉSULTATS QUI S'OPÈRE ÉGALEMENT À LA FAVEUR DE L'ENCHAÎNEMENT DES PROJETS	100
<b>26. UN DISPOSITIF INCUBATEUR D'INNOVATIONS</b>	<b>101</b>
<b>27. UNE OUVERTURE À L'INTERNATIONAL LIMITÉE À QUELQUES PROJETS</b>	<b>102</b>
27.1. L'OUVERTURE À L'INTERNATIONAL VUE SOUS L'ANGLE DE LA DIFFUSION DES RÉSULTATS DES PROJETS	102
27.2. L'OUVERTURE À L'INTERNATIONAL VUE SOUS L'ANGLE DES PROJETS	103
27.3. LES LIMITES ASSOCIÉES À UNE OUVERTURE INTERNATIONALE NON MAÎTRISÉE	104
<b>28. UNE GOUVERNANCE ARTICULÉE AUTOUR DU RGC&amp;U ET DE L'IREX</b>	<b>105</b>
28.1. L'INFLUENCE DU RGC&U SUR LE CONTENU DES PROJETS NATIONAUX	105
28.2. L'IREX, ANIMATEUR DU DISPOSITIF	105
28.3. LA CHARTE DES PROJETS, ÉLÉMENT ESSENTIEL POUR LEUR PILOTAGE	106
28.4. UN SCHÉMA ORGANISATIONNEL PERÇU POSITIVEMENT BIEN QU'IL INDUISE DES LENTEURS	106
<b>29. LES PROJETS NATIONAUX, SPÉCIFIQUES ET COMPLÉMENTAIRES AVEC D'AUTRES DISPOSITIFS DE RECHERCHE</b>	<b>106</b>
29.1. L'ADN DES PROJETS NATIONAUX	106
Recherches collaboratives en génie civil	106
Définition « bottom-up » des recherches	107
Recherches appliquées et expérimentales à l'échelle 1	107
Incubateur d'innovations	107
Résultats partagés	107
29.2. LES DISPOSITIFS QUI PEUVENT ÊTRE COMPARÉS AUX PROJETS NATIONAUX	107

Les recherches internes aux entreprises	108
Les recherches portées par l'ANR	109
La R&D soutenue par le Fonds unique interministériel	110
La recherche structurante portée par le programme d'investissements d'avenir	111
29.3. LES PROJETS NATIONAUX, UN DISPOSITIF UNIQUE ET ORIGINAL DANS LE PAYSAGE DE LA RECHERCHE	112
<b>30. UNE VISION POSITIVE DU DISPOSITIF QUI STIMULE LES INTERROGATIONS SUR SON DEVENIR</b>	<b>113</b>
30.1. UN DISPOSITIF QUI JOUIT D'UNE APPRÉCIATION TRÈS POSITIVE	113
30.2. LES FORCES ET DES FAIBLESSES IDENTIFIÉES PAR CELLES ET CEUX QUI CÔTOIENT LE DISPOSITIF	113
<b>31. UN CONTEXTE QUI RÉINTERROGE LES RÔLES ET CONTRIBUTIONS DES PARTENAIRES DU DISPOSITIF</b>	<b>114</b>
<b>RÉPONSES SYNTHÉTIQUES AUX QUESTIONS D'ÉVALUATION</b>	<b>115</b>
<b>32. QUESTIONS PORTANT SUR LA REPRÉSENTATIVITÉ DES ACTEURS DU SECTEUR DU GÉNIE CIVIL AU SEIN DU DISPOSITIF</b>	<b>115</b>
32.1. QUELLES ONT ÉTÉ LES PRINCIPALES ENTITÉS BÉNÉFICIAIRES DES TRAVAUX DE RECHERCHE SOUTENUS (ORGANISMES DE RECHERCHE, PME, GRANDS GROUPES, ETC.) ?	115
32.2. LES PORTEURS DE PROJETS SONT-ILS REPRÉSENTATIFS DE L'ENSEMBLE DE LA COMMUNAUTÉ D'ACTEURS DES DOMAINES CONCERNÉS ?	115
32.3. QUELS (SOUS-)DOMAINES TECHNIQUES OU SCIENTIFIQUES ONT ÉTÉ SOUTENUS OU, À L'INVERSE, NÉGLIGÉS AU TRAVERS DU DISPOSITIF ?	116
<b>33. QUESTIONS PORTANT SUR L'IMPLICATION HUMAINE ET FINANCIÈRE DES PARTIES PRENANTES</b>	<b>116</b>
33.1. QUELS ONT ÉTÉ LES NIVEAUX D'ENGAGEMENT EFFECTIFS DES DIFFÉRENTES CATÉGORIES DE PARTENAIRES (ORGANISMES DE RECHERCHE, PME, GRANDS GROUPES, ETC.) ?	116
33.2. COMMENT SE COMPARENT-ILS À CEUX OBSERVÉS AU SEIN D'AUTRES DISPOSITIFS COLLABORATIFS « ANALOGUES » À L'ÉTRANGER ?	117
<b>34. QUESTIONS PORTANT SUR LA STRUCTURATION DES ACTEURS DU SECTEUR DU GÉNIE CIVIL</b>	<b>117</b>
34.1. LES PROJETS ONT-ILS RÉELLEMENT PERMIS L'ÉMERGENCE D'UN SOCLE COMMUN DE DOCTRINES TECHNIQUES RECONNUES AU NIVEAU NATIONAL ? SI OUI, COMMENT LES CARACTÉRISER ?	117
34.2. LE CADRE COLLABORATIF DES PROJETS A-T-IL CONDUIT À L'ÉTABLISSEMENT DE NOUVEAUX PARTENARIATS ACADÉMIQUES ET/OU INDUSTRIELS POUR LA POURSUITE DE TRAVAUX DE R&D EN DEHORS DU DISPOSITIF OU LA CONQUÊTE DE MARCHÉS AU NIVEAU NATIONAL OU INTERNATIONAL ?	118
34.3. QUELLES SONT LES FORCES ET FAIBLESSES DES ACCORDS DE CONSORTIUM SIGNÉS VIA LE DISPOSITIF, DANS UNE PERSPECTIVE DE PARTAGE ÉQUILIBRÉ DES RETOMBÉES DES TRAVAUX ?	118
<b>35. QUESTION PORTANT SUR L'OUVERTURE À DE NOUVEAUX ACTEURS</b>	<b>118</b>
35.1. LES PROJETS ONT-ILS IMPLIQUÉ DES ENTITÉS DONT LE CŒUR DES COMPÉTENCES NE RELÈVE PAS DU GÉNIE CIVIL ?	118
35.2. QUELS SONT LES FREINS ÉVENTUELS À LEUR IMPLICATION ?	119
<b>36. QUESTIONS PORTANT SUR LA PRODUCTION ET LE PARTAGE DE CONNAISSANCES SCIENTIFIQUES ET TECHNIQUES</b>	<b>119</b>
36.1. QUELLES INCERTITUDES SCIENTIFIQUES ET TECHNIQUES ONT ÉTÉ EFFECTIVEMENT LEVÉES ?	119
36.2. QUEL CORPUS DE CONNAISSANCES NOUVELLES ONT PRODUIT LES PROJETS ?	119

36.3. Y A-T-IL EU UNE MISE EN COMMUN EFFECTIVE DE CES CONNAISSANCES AU SEIN DE LA COMMUNAUTÉ DE CHERCHEURS ET D'INDUSTRIELS AU NIVEAU NATIONAL ? COMMENT S'EST OPÉRÉE CETTE APPROPRIATION ?	120
<b>37. QUESTION PORTANT SUR LES RETOMBÉES NORMATIVES ET RÉGLEMENTAIRES</b>	<b>120</b>
37.1. LES TRAVAUX ONT-ILS EU UNE INCIDENCE TANGIBLE SUR L'ÉVOLUTION DES NORMES ET DES RÈGLEMENTS TECHNIQUES PROPRES AU SECTEUR DU GÉNIE CIVIL ?	120
<b>38. QUESTIONS PORTANT SUR L'INCUBATION D'INNOVATIONS</b>	<b>120</b>
38.1. QUELS SONT LES MATÉRIAUX, PROCÉDÉS OU SERVICES – NOUVEAUX OU AMÉLIORÉS – DONT LE DÉVELOPPEMENT EST LA PROLONGATION, DIRECTE OU INDIRECTE, DES TRAVAUX SOUTENUS ?	120
38.2. QUELLES SONT LES PRINCIPALES ENTITÉS BÉNÉFICIAIRES DE CES INNOVATIONS ?	121
<b>39. QUESTION PORTANT SUR LE PILOTAGE ET LA COORDINATION ADMINISTRATIVE ET FINANCIÈRE DU DISPOSITIF</b>	<b>121</b>
39.1. L'ANIMATION D'UNE COMMUNAUTÉ DE CHERCHEURS ET D'INDUSTRIELS ET LE MAINTIEN D'UN LIEN ENTRE CETTE COMMUNAUTÉ ET L'ADMINISTRATION VIA LE DISPOSITIF APPORTENT-ILS DES BÉNÉFICES RÉELS ? SONT-ILS SUFFISANTS ?	121
39.2. LA COMPOSITION ET LES ATTRIBUTIONS DES INSTANCES DE GOUVERNANCE DU DISPOSITIF (COMITÉ D'ORIENTATION ET SECRÉTARIAT) SONT-ELLES ADAPTÉES ?	121
39.3. LES ACTIVITÉS DE COORDINATION ET DE GESTION ADMINISTRATIVE ET FINANCIÈRE DES PN ASSUMÉES PAR L'IREX CONCOURENT-ELLES EFFICACEMENT AU MONTAGE, AU SUIVI ET À LA VALORISATION DES PROJETS ?	122
<b>PRÉCONISATIONS POUR L'AVENIR DU DISPOSITIF</b>	<b>123</b>
<b>40. SYNTHÈSE DES FORCES, DES FAIBLESSES, DES OPPORTUNITÉS ET DES MENACES ASSOCIÉES AU DISPOSITIF DES PROJETS NATIONAUX</b>	<b>123</b>
<b>41. PRÉCONISATIONS POUR L'AVENIR DU DISPOSITIF</b>	<b>126</b>
41.1. [P1] ENVISAGER LES CONDITIONS DE PÉRENNISATION DU DISPOSITIF DES PROJETS NATIONAUX	126
41.2. [P2] RÉEXAMINER RÉGULIÈREMENT LES ENJEUX DU GÉNIE CIVIL ET LES QUESTIONS À RÉSOUDRE	126
41.3. [P3] IMPLIQUER LES COLLECTIVITÉS TERRITORIALES DANS LE DISPOSITIF	126
41.4. [P4] CONSOLIDER ET ANIMER LA COMMUNAUTÉ ISSUE DES PROJETS NATIONAUX	127
41.5. [P5] CONSTRUIRE UNE OUVERTURE À L'INTERNATIONAL DU DISPOSITIF DE MANIÈRE À EN FAIRE UN ATOUT POUR LES ACTEURS FRANÇAIS DU GÉNIE CIVIL	127
41.6. [P6] POURSUIVRE L'EFFORT DE COMMUNICATION AUTOUR DES RÉSULTATS DES PROJETS NATIONAUX	128
41.7. [P7] ACCÉLÉRER LE TRANSFERT DES RÉSULTATS ET FACILITER LEUR DÉPLOIEMENT OPÉRATIONNEL	128
<b>42. SYNTHÈSE DES PRÉCONISATIONS</b>	<b>129</b>
<b>LISTE DES PERSONNES AUDITIONNÉES DANS LE CADRE DE L'ÉVALUATION</b>	<b>130</b>
<b>LISTE DES MEMBRES DU COMITÉ DE PILOTAGE DE L'ÉVALUATION</b>	<b>132</b>
<b>LISTE DES SIGLES ET ACRONYMES</b>	<b>133</b>

<b><u>ANNEXE 1 : LISTE DES PARTENAIRES DES 25 PROJETS NATIONAUX</u></b>	<b>136</b>
---	------------

<b><u>ANNEXE 2 : CAHIER DES CHARGES DE L'ÉVALUATION</u></b>	<b>141</b>
---	------------

<b><u>ANNEXE 3 : SOST GÉNIE CIVIL DE 1984</u></b>	<b>142</b>
---	------------



## LISTE DES ILLUSTRATIONS

Illustration 1 : diagramme des objectifs du SOST	19
Illustration 2 : cadres et instances associés aux projets nationaux	20
Illustration 3 : document IREX « 20 ans de recherche appliquée et d'expérimentation en génie civil »	22
Illustration 4 : enjeux économiques de la filière génie civil	25
Illustration 5 : distribution des 25 projets nationaux sur la période 1985-2012	26
Illustration 6 : dynamique de constitution du portefeuille des 25 projets	27
Illustration 7 : évolution du nombre de projets nationaux en cours chaque année	27
Illustration 8 : durée des projets nationaux	28
Illustration 9 : nombre de partenaires des projets nationaux	28
Illustration 10 : partenaires impliqués dans les projets nationaux	29
Illustration 11 : fréquence de participation aux projets nationaux des catégories de partenaires	31
Illustration 12 : fréquence de participation à plusieurs projets par catégorie de partenaires	32
Illustration 13 : effet de levier des financements publics des 25 projets nationaux	34
Illustration 14 : évolution des autorisations d'engagements sur la période 1992-2014	35
Illustration 15 : origine des cotisations des projets ASIRI, BÉFIM, CLÉ DE SOL et ÉRINOH (en % du nombre total de T)	36
Illustration 16 : schématisation du financement des projets nationaux	37
Illustration 17 : ventilation des commandes passées dans le cadre des projets BÉFIM, CÉOS.fr, CLÉ DE SOL et MIKTI	39
Illustration 18 : catégories de partenaires bénéficiaires des commandes des projets ASIRI, BÉFIM, CLÉ DE SOL et ÉRINOH	41
Illustration 19 : nombre de commandes passées aux partenaires des projets ASIRI, BÉFIM, CLÉ DE SOL et ÉRINOH	42
Illustration 20 : effort d'investissement par catégorie de partenaires des projets ASIRI, BÉFIM, CLÉ DE SOL et ÉRINOH	43
Illustration 21 : effet d'entraînement des financements publics sur les financements privés des projets ASIRI, BÉFIM, CLÉ DE SOL et ÉRINOH	45
Illustration 22 : compositions comparées du CODOR RGC&U en 1999, 2006 et 2009	47

Illustration 23 : ventilation des avis rendus par le CODOR RGC&U sur 14 projets nationaux examinés de 1999 à 2013	49
Illustration 24 : nombre d'arguments repris par le CODOR RGC&U pour justifier d'adaptations des projets nationaux	50
Illustration 25 : dynamique de publication des monographies présentant les résultats des projets nationaux	52
Illustration 26 : lectorats des revues « Le Moniteur » et « Travaux »	55
Illustration 27 : dynamique de publication d'articles sur les projets nationaux dans les revues « le Moniteur » et « Travaux »	56
Illustration 28 : comparaison des publication d'articles avec le nombre de projets en cours	57
Illustration 29 : fréquentation des manifestations des projets ASIRI, CÉOS.fr, ÉRINOH, ISI et MIKTI	60
Illustration 30 : les points forts des projets nationaux vus par les participants à l'enquête ciblée	68
Illustration 31 : les points faibles des projets nationaux vus par les participants à l'enquête ciblée	69
Illustration 32 : indicateurs de mesure de la connaissance du dispositif et des projets (enquête de visibilité)	71
Illustration 33 : projets cités par les répondants à l'enquête de visibilité	73
Illustration 34 : appréciation des résultats des projets par les répondants à l'enquête de visibilité	74
Illustration 35 : exemples d'ouvrages utilisant des bétons hautes performances, auto-plaçants et fibrés (source « Béton[s] le Magazine », 2014)	90
Illustration 36 : schématisation d'un exemple de filiation des projets	101
Illustration 37 : schématisation de l'analyse AFOM	124

## LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : participation des entreprises privées, selon leur taille, dans les projets ASIRI, BÉFIM, CLÉ DE SOL et ÉRINOH	30
Tableau 2 : synthèse des indicateurs de présence des partenaires dans les projets nationaux	32
Tableau 3 : bilan des recettes des 25 projets nationaux	33
Tableau 4 : ventilation des commandes passées dans le cadre des projets BÉFIM, CÉOS.fr, CLÉ DE SOL et MIKTI	40
Tableau 5 : stratégies de commandes des projets ASIRI, BÉFIM, CLÉ DE SOL et ÉRINOH	40
Tableau 6 : arguments invoqués par le CODOR RGC&U pour justifier d'adaptations des projets nationaux	49
Tableau 7 : liste des monographies éditées au terme des projets nationaux	54
Tableau 8 : typologie des articles publiés dans les revues « le Moniteur » et « Travaux »	56
Tableau 9 : nombre d'articles publiés par projets dans « le Moniteur » et « Travaux »	57
Tableau 10 : réponses aux questions de l'enquête ciblée	66
Tableau 11 : ouvrages utilisant des bétons hautes performances, auto-plaçants et fibrés (source « Béton[s] le Magazine », 2014)	89
Tableau 12 : bilan des apports normatifs et réglementaires des projets nationaux (source FNTP, 2014)	94
Tableau 13 : comparaison des dispositifs de soutien à la recherche en génie civil	113
Tableau 14 : AFOM des projets nationaux	125
Tableau 15 : synthèse des préconisations pour le futur des projets nationaux	129

## INTRODUCTION

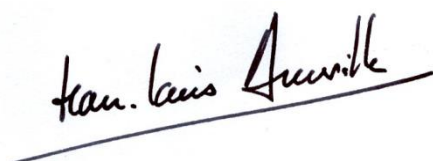
Le dispositif des Projets nationaux résume trente années de recherche appliquée en génie civil. Développement de techniques innovantes de renforcement des sols, mise au point de bétons aux performances accrues, amélioration de procédés de gestion ou de réhabilitation de réseaux urbains, validation de nouvelles méthodes d'auscultation d'ouvrages... Autant de progrès techniques réalisés, depuis les années 80, dans des domaines très divers, que le dispositif a largement contribué à susciter auprès d'une importante communauté d'acteurs économiques du secteur.

Rassemblant, autour d'objectifs communs, maîtres d'ouvrages, entreprises de travaux, de matériaux et d'équipement, bureaux d'études, organismes de recherche et de formation, ces projets collaboratifs de grande ampleur ont la caractéristique remarquable d'assurer un transfert efficace des résultats de la recherche vers le milieu opérationnel des ingénieurs et praticiens du BTP. Les recueils de recommandations techniques et guides méthodologiques qui en sont issus acquièrent, sur de nombreux sujets, le statut de références nationales et participent, au travers notamment des évolutions normatives qu'ils provoquent, à la compétitivité des entreprises françaises du secteur, toutes tailles confondues.

Outil placé jusqu'à maintenant principalement au service de la performance technique des ouvrages en génie civil, le dispositif pourrait être mobilisé demain – encore plus qu'il ne l'est aujourd'hui – pour répondre à d'autres enjeux prégnants de la recherche dans ce domaine : diminution des coûts d'entretien des ouvrages construits (à sécurité et performance au moins égales), réduction de l'empreinte énergétique et environnementale du recyclage des matériaux du BTP, développement de nouveaux usages pour les routes, etc.

J'ai eu grand plaisir à accompagner l'évaluation de ce dispositif, voulue par la direction de la recherche et de l'innovation du ministère de l'écologie. Le présent rapport en synthétise les principaux résultats. Il apportera au lecteur, je l'espère, quelques éléments d'éclairage utiles sur ce dispositif singulier, complémentaire des autres mécanismes de soutien à la recherche-développement dans le domaine des infrastructures.

Je forme le vœu aujourd'hui que ce travail d'évaluation contribue a posteriori à enrichir la réflexion en cours sur le devenir des Projets nationaux, considérant comme souhaitable que des communautés d'intérêts partagés continuent à s'organiser autour de recherches innovantes, avec l'appui de l'État, des collectivités territoriales et des grands maîtres d'ouvrages, au bénéfice d'un des secteurs les plus importants de l'économie du pays.



**Jean-Louis Durville**

Ingénieur général des Ponts, des eaux et des forêts

Conseil général de l'environnement et du développement durable

Président du comité de pilotage de l'évaluation du dispositif des « Projets nationaux »

## SYNTHÈSE

Le ministère en charge de l'Équipement (aujourd'hui ministère de l'Écologie, du Développement Durable et de l'Énergie, suite à la fusion de 2007 avec le ministère de l'Environnement) a soutenu, entre 1985 et 2014, plus d'une trentaine de projets de recherche appliquée et d'expérimentation en génie civil dans le cadre d'un dispositif dédié, les « projets nationaux ».

Associant chacun en moyenne une trentaine de partenaires pendant quelque six années, ces projets collaboratifs ont mobilisé les expertises et savoir-faire d'une large communauté d'acteurs publics et privés du secteur, dans des domaines tels que le génie des matériaux, la géotechnique ou l'ingénierie des structures. Ils ont été cofinancés par le ministère en charge de l'équipement à hauteur d'environ 20% du budget des opérations, soit quelque 15 M€ hors taxes de crédits incitatifs.

A la demande de la direction de la recherche et de l'innovation du ministère de l'Écologie, du Développement Durable et de l'Énergie, la société ISL Ingénierie a évalué le dispositif, entre janvier 2014 et février 2015, dans le but de caractériser les principales retombées des projets nationaux, que celles-ci concernent la production de connaissances nouvelles, le développement normatif, la structuration de la communauté du génie civil ou la stimulation de l'innovation.

L'analyse évaluative a porté sur 25 projets nationaux de la période 1985-2012. Elle a consisté en une étude documentaire complétée par la collecte et la synthèse d'avis et d'opinions recueillis auprès de 42 personnes auditionnées lors d'entretiens individuels et de 494 participants à trois enquêtes internet.

Le dispositif des projets nationaux apparaît comme un objet unique et original, sans équivalent au niveau national, complémentaire des autres mécanismes de soutien à la recherche en génie civil. Cette unicité et cette originalité proviennent de la conjugaison des caractéristiques de ses recherches :

- *centrées sur les disciplines du génie civil ;*
- *collaboratives et associant des acteurs publics et privés (souvent concurrents) qui participent aux travaux, en assumant les coûts et en partagent les résultats ;*
- *traitant de sujets à enjeux remontés par les acteurs du secteur ;*
- *appliquées et expérimentales dans le cadre de chantiers « grandeur nature » ;*
- *se traduisant par la production de recommandations techniques ou de « règles de l'art » utiles aux acteurs du secteur ;*
- *pouvant indirectement contribuer au développement d'innovations chez les entreprises.*

Les principaux « produits » scientifiques et techniques des projets (corpus de nouvelles connaissances, recommandations techniques, propositions d'évolutions normatives) ont été globalement partagés entre les acteurs concernés, qu'il s'agisse des donneurs d'ordres, des concepteurs, des réalisateurs ou des gestionnaires d'ouvrages.

Les retombées des projets ne sont pas seulement de nature scientifique et technique. Le dispositif a aussi contribué, au fil des années, à structurer une large communauté de parties prenantes du domaine du génie civil. La définition « bottom-up » des sujets à traiter, la dimension intrinsèquement collaborative des travaux menés et le partage systématique des résultats obtenus ont été les principaux facteurs concourant à cette structuration. Seuls les représentants des collectivités territoriales sont restés, dans la plupart des cas étudiés, à distance des projets nationaux, le plus souvent parce qu'ils ont jugé être éloignés des recherches et de leurs résultats.

Les retombées des projets nationaux justifient, par leur nombre et leur qualité, la recherche des conditions de pérennisation du dispositif.

# OBJECTIFS ET MÉTHODE DE L'ÉVALUATION

## 1. L'OBJECTIF DE L'ÉVALUATION

L'objectif général de l'évaluation est de déterminer si, et dans quelle mesure, le dispositif des projets nationaux, tel qu'il est mis en œuvre depuis sa création, répond aux attentes de la collectivité nationale en matière :

- de structuration de la communauté d'acteurs ;
- de production et de partage de nouvelles connaissances ;
- de développement normatif ;
- d'incubation d'innovations ;
- d'efficacité financière.

## 2. POSITION DE L'ÉVALUATEUR VIS-À-VIS DU DISPOSITIF ÉVALUÉ

L'évaluateur, la société ISL Ingénierie, est indépendant des organismes et institutions pilotant ou finançant les projets nationaux. Cette situation garantit la neutralité d'une évaluation conduite librement et reposant sur des avis d'évaluateurs extérieurs au dispositif.

Toutefois, ISL a été impliquée, comme partenaire, dans des projets nationaux (BaCaRa, ÉRINOH et aujourd'hui ÉMACOP). Volontairement, les ingénieurs d'ISL parties prenantes de ces projets nationaux ne sont pas intervenus dans le cadre de l'évaluation. Ils ont néanmoins été sollicités, au même titre que d'autres partenaires des projets, dans le cadre des enquêtes afin d'exprimer leur opinion sur le dispositif.

## 3. LES QUESTIONS ÉVALUATIVES

En appui à l'argumentaire d'évaluation, une série de questions, définies par le ministère, a été transmise à l'évaluateur (cf. cahier des charges en annexe). Ces questions sont rappelées ci-après.

### 3.1. REPRÉSENTATIVITÉ DES ACTEURS DU SECTEUR DU GÉNIE CIVIL AU SEIN DU DISPOSITIF

Quelles ont été les principales entités bénéficiaires des travaux de recherche soutenus (organismes de recherche, petites et moyennes entreprises – PME -, grands groupes, etc.) ? Les porteurs de projets sont-ils représentatifs de l'ensemble de la communauté d'acteurs des domaines concernés ? Quels (sous-)domaines

techniques ou scientifiques ont été soutenus ou, à l'inverse, négligés au travers du dispositif ?

### **3.2. IMPLICATION HUMAINE ET FINANCIÈRE DES PARTIES PRENANTES**

Quels ont été les niveaux d'engagement effectifs des différentes catégories de partenaires (organismes de recherche, PME, grands groupes, etc.) ? Comment se comparent-ils à ceux observés au sein d'autres dispositifs collaboratifs « analogues » à l'étranger ?

### **3.3. STRUCTURATION DE LA CHAÎNE D'ACTEURS DU SECTEUR DU GÉNIE CIVIL**

Les projets ont-ils réellement permis l'émergence d'un socle commun de doctrines techniques reconnues au niveau national ? Si oui, comment les caractériser ? Le cadre collaboratif des projets a-t-il conduit à l'établissement de nouveaux partenariats académiques et/ou industriels pour la poursuite de travaux de R&D en dehors du dispositif ou la conquête de marchés au niveau national ou international ? Quelles sont les forces et faiblesses des accords de consortium signés via le dispositif, dans une perspective de partage équilibré des retombées des travaux ?

### **3.4. OUVERTURE À DE NOUVEAUX ACTEURS**

Les projets ont-ils impliqué des entités dont le cœur des compétences ne relève pas du génie civil ? Quels sont les freins éventuels à leur implication ?

### **3.5. PRODUCTION ET PARTAGE DE CONNAISSANCES SCIENTIFIQUES ET TECHNIQUES**

Quelles incertitudes scientifiques et techniques ont été effectivement levées ? Quel corpus de connaissances nouvelles ont produit les projets ? Y a-t-il eu une mise en commun effective de ces connaissances au sein de la communauté de chercheurs et d'industriels au niveau national ? Comment s'est opérée cette appropriation ?

### **3.6. RETOMBÉES NORMATIVES ET RÉGLEMENTAIRES**

Les travaux ont-ils eu une incidence tangible sur l'évolution des normes et des règlements techniques propres au secteur du génie civil ?

### **3.7. INCUBATION D'INNOVATIONS**

Quels sont les matériaux, procédés ou services – nouveaux ou améliorés – dont le développement est la prolongation, directe ou indirecte, des travaux soutenus ? Quelles sont les principales entités bénéficiaires de ces innovations ?



### **3.8. PILOTAGE ET COORDINATION ADMINISTRATIVE ET FINANCIÈRE DU DISPOSITIF**

L'animation d'une communauté de chercheurs et d'industriels et le maintien d'un lien entre cette communauté et l'administration via le dispositif apportent-ils des bénéfices réels ? Sont-ils suffisants ? La composition et les attributions des instances de gouvernance du dispositif (comité d'orientation et secrétariat) sont-elles adaptées ? Les activités de coordination et de gestion administrative et financière des PN assumées par l'IREX concourent-elles efficacement au montage, au suivi et à la valorisation des projets ?

## **4. UNE ÉVALUATION EN DEUX PHASES**

### **4.1. LA PHASE PRÉPARATOIRE**

Une première phase a consisté à définir une méthodologie d'évaluation permettant de répondre de manière précise, argumentée et illustrée aux questions posées.

Cette première étape a comporté :

- *une étude documentaire destinée à :*
  - *l'appropriation du dispositif des projets nationaux par l'équipe d'évaluation,*
  - *la production d'indicateurs de caractérisation du dispositif et de ses projets ;*
- *une première série d'entretiens auprès de 12 personnes connaissant bien le dispositif ;*
- *la définition d'une grille d'analyse facilitant la réalisation de l'évaluation.*

### **4.2. LA PHASE D'ÉVALUATION DU DISPOSITIF**

La seconde phase de l'évaluation a consisté à réaliser l'analyse évaluative à partir de la méthode précédemment validée.

Cette seconde phase a comporté :

- *la conduite d'entretiens auprès de 30 personnes sélectionnées en raison de leur vécu, de leurs fonctions ou de leur connaissance du dispositif évalué ;*
- *la réalisation d'enquêtes permettant de toucher un nombre de personnes le plus important possible.*

La liste des personnes rencontrées lors des deux séquences d'entretiens est présentée en fin de document.

# DONNÉES CLÉS SUR LE DISPOSITIF DES PROJETS NATIONAUX

## 5. LA GENÈSE DES PROJETS NATIONAUX ET L'ÉVOLUTION DU CADRE DE MISE EN ŒUVRE

Bien que de nature « bottom-up », c'est-à-dire montés à l'initiative de, et par, les parties prenantes du secteur du génie civil, sans que l'État intervienne directement sur le champ des thématiques prioritaires auxquelles doivent répondre les recherches, les projets nationaux se sont inscrits, dès leur origine, dans un cadre stratégique de soutien des ministères chargés de l'Équipement et de la Recherche à la recherche-développement en génie civil dont il est rappelé ici sommairement l'historique.

Le dispositif trouve son ancrage originel dans le Schéma d'orientation scientifique et technique (SOST, cf. annexe du rapport) de la recherche en génie civil établi en 1984 sous l'impulsion des ministères en charge de la Recherche et de l'Équipement. Les intentions du SOST sont déclinées au moyen de trois niveaux d'objectifs emboîtés :

- *un objectif global qui précise la stratégie et les buts généraux à poursuivre ;*
- *des objectifs spécifiques qui énumèrent les résultats particuliers à obtenir ;*
- *des objectifs opérationnels qui détaillent les actions à engager.*

La mise en place des projets nationaux constitue l'un des trois objectifs opérationnels du SOST (cf. Illustration 1) .

Le déploiement opérationnel du SOST prend forme dans le cadre du programme incitatif pluriannuel de recherche en génie civil (PROGEC), soutenu par les ministères en charge de la Recherche et de l'Équipement suivant deux phases d'exécution : PROGEC 1 (1986-1988) et PROGEC 2 (1989-1992).

Des évolutions du cadre de réalisation du SOST surviennent en 1993 puis en 1999.

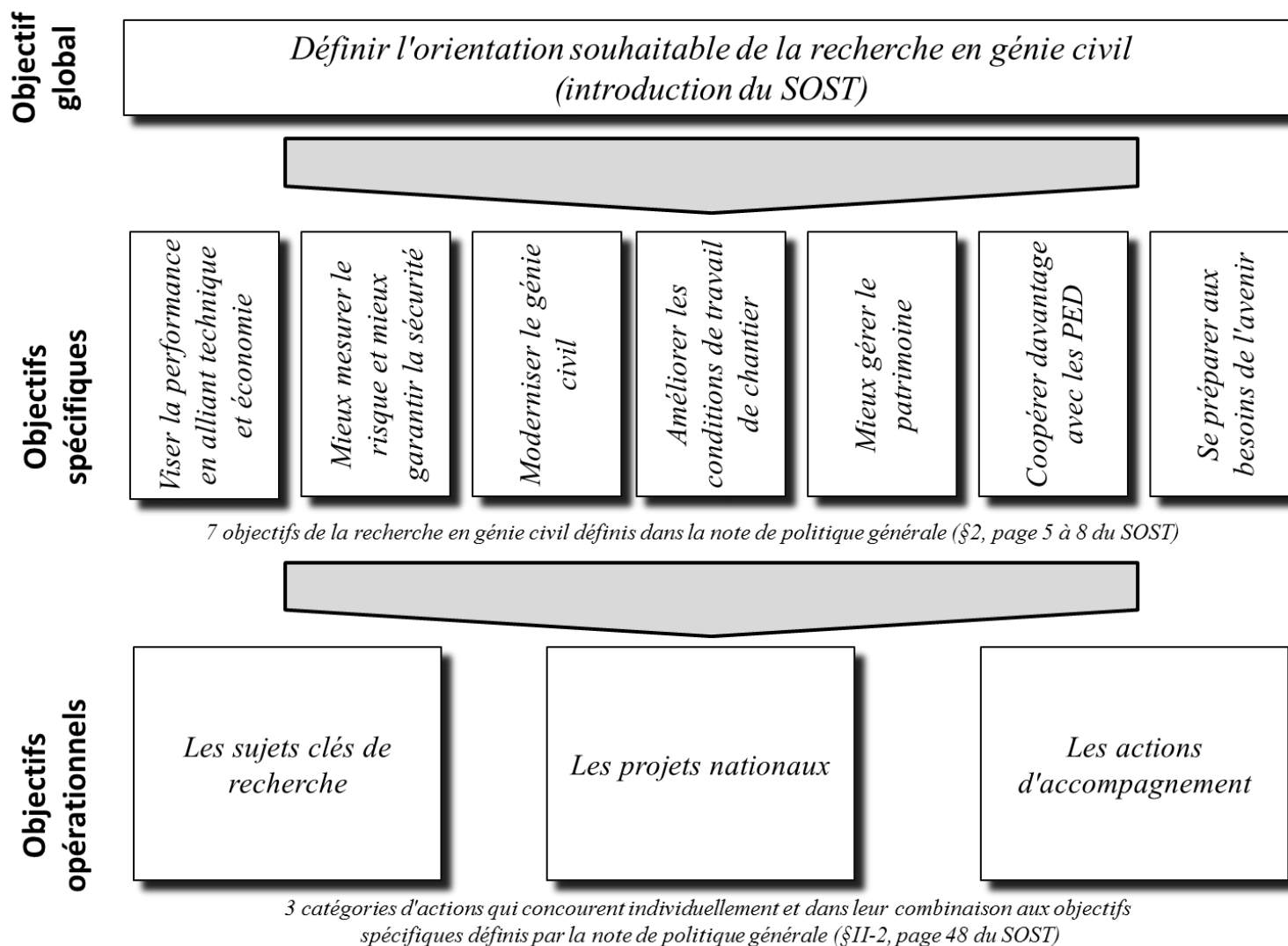


ILLUSTRATION 1 : DIAGRAMME DES OBJECTIFS DU SOST

En 1993, le plan génie civil (PGC) prend le relai du PROGEC 2. L'objectif général fixé au PGC consiste à poursuivre et à renforcer les actions incitatives communes menées depuis 1984 et à les compléter par des actions de soutien à l'innovation (via notamment la mise en place du label IVOR délivré à des innovations mises en œuvre dans des ouvrages de référence).

En 1999, le réseau génie civil et urbain (RGC&U) remplace le PGC pour la mise en place de la stratégie de recherche en génie civil, avec l'objectif global de poursuivre l'action de l'État menée par le PGC en l'inscrivant dans le cadre des réseaux de recherche technologique (destinés à favoriser, sur des domaines jugés prioritaires, la collaboration entre la recherche publique et les entreprises) et en intégrant à son champ d'action une composante urbaine.

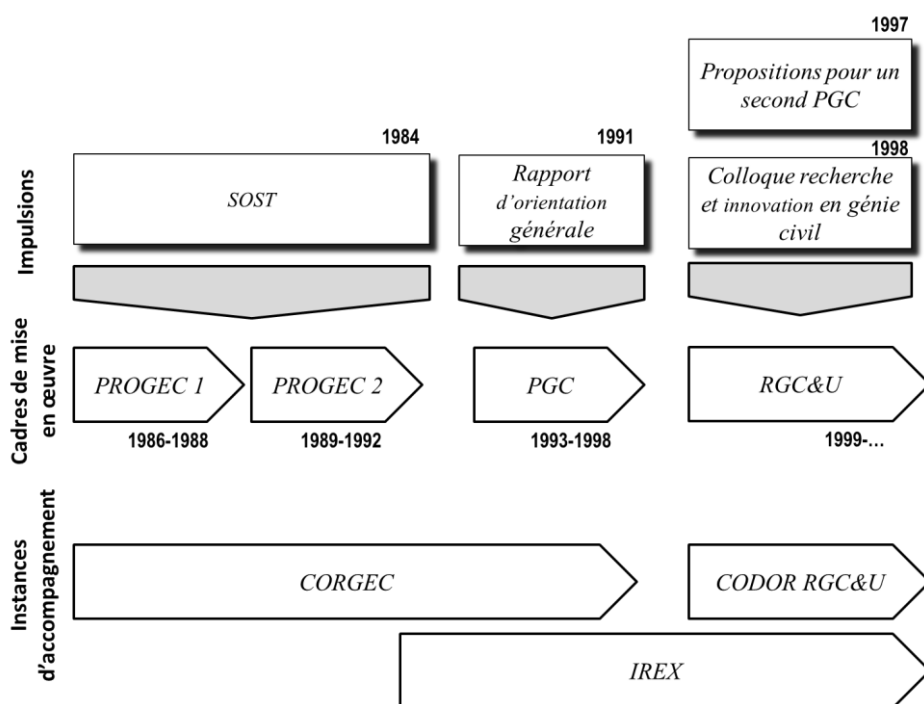


ILLUSTRATION 2 : CADRES ET INSTANCES ASSOCIÉS AUX PROJETS NATIONAUX

Différentes instances accompagnent, depuis 1984, la mise en œuvre des projets nationaux :

- le conseil d'orientation pour la recherche et l'innovation en génie civil (CORGEC) sur la période 1984-1998 ;
- le comité d'orientation du RGC&U (CODOR RGC&U) depuis 1999.

La complexité du montage et de gestion administrative et financière des projets nationaux ainsi que l'augmentation de leur nombre ont rapidement révélé la nécessité d'adosser au dispositif une structure spécifique d'animation et de gestion. Sous l'impulsion de la Fédération nationale des travaux publics (FNTP), l'Institut pour la recherche appliquée et l'expérimentation en génie civil (IREX) voit le jour le 27 octobre 1989 sous la forme d'une association de type « Loi 1901 ». Outre la FNTP, les membres fondateurs de l'IREX comptent :

- des maîtres d'ouvrages (*Direction des Ports et de la Navigation Maritime, Aéroports de Paris, Association des Maires des Villes de France, Association des Sociétés Françaises d'Autoroute, Commissariat à l'Énergie Atomique, Compagnie des bâtiments et travaux publics (BTP), Compagnie Générale des Eaux, Électricité de France, France Télécom, Port Autonome du Havre, Régie Autonome des Transports Parisiens, Société d'Économie Mixte du Métropolitain de l'Agglomération Lyonnaise, Société Nationale des Chemins de Fer Français*) ;
- des représentants professionnels des branches industrielles du ciment et de l'acier (*Syndicat National des Fabricants de Ciments et de Chaux, Usinor Sacilor*) ;
- des organismes financiers (*Crédit Lyonnais, Crédit Local de France*).

L'Institut a pour objet le montage et le suivi des actions de recherche et d'expérimentation dans le domaine du génie civil, et la diffusion de leurs résultats. Pour ce faire, l'IREX :

- fait émerger, par les utilisateurs eux-mêmes, les thèmes de recherche et d'expérimentation correspondant à leurs besoins ;
- facilite le regroupement des partenaires intéressés par ces recherches et ces expérimentations communes ;
- assume la gestion administrative et financière des études et projets lancés ;
- conduit les principales actions de communication autour des projets.

## 6. LE PÉRIMÈTRE DE L'ÉVALUATION

### 6.1. UNE ÉVALUATION CENTRÉE SUR UN PORTEFEUILLE DE 25 PROJETS

L'évaluation porte sur le périmètre des 25 projets nationaux décrits dans le document des 20 ans de l'IREX (cf. Illustration 3). Ce document peut être téléchargé à l'adresse suivante : [http://www.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/IREX\\_20ans\\_PN.pdf](http://www.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/IREX_20ans_PN.pdf).

Les 25 projets de ce portefeuille sont les suivants :

- 5 projets "matériaux" : B@P, BÉFIM, BHP 2000, CÉOS.fr et VNB ;
- 6 projets "géotechnique et fondations" : ASIRI, CLOUTERRE, CRITERRE, FOREVER, SOLCYP et TUBA ;
- 6 projets "procédés de construction" : BACARA, FABAC, FLORE, MICROTUNNELS, MIKTI et VIBROFONÇAGE ;
- 4 projets "réhabilitation et maintenance" : ÉRINOH, KRONOS, RERAU et S3 ;
- 4 projets "développement durable" : CALIBÉ, CLÉ DE SOL, Guide sur la méthode observationnelle et ISI.



ILLUSTRATION 3 : DOCUMENT IREX « 20 ANS DE RECHERCHE APPLIQUÉE ET D'EXPÉRIMENTATION EN GÉNIE CIVIL »

Ce portefeuille n'inclut pas les quelques projets nationaux montés durant la même période par des structures support autres que l'IREX, tels que les projets ALPHA-BETA, EUPALINOS, ITELOS, MATERLOC CALCAIRES, SABLOCRETE, dont la gestion administrative et financière incombait respectivement à l'Office technique pour l'utilisation de l'acier (OTUA), l'association française des tunnels et de l'espace souterrain (AFES), la confédération française pour l'habitation, l'urbanisme et l'aménagement du territoire (COFHUAT), les associations Materloc calcaires et Sablocrete.

## 6.2. UN ÉCHANTILLON ILLUSTRATIF POUR L'ANALYSE DE CERTAINES DONNÉES

Parmi ces 25 projets, 10 ont été sélectionnés par le comité de pilotage de l'évaluation pour faire l'objet d'études de cas ciblées, utiles à l'argumentation de l'analyse évaluative. Il s'agit de :

- BÉFIM ;
- BHP 2000 ;
- CÉOS.fr ;
- ASIRI ;
- CLOUTERRE ;
- MICROTUNNELS ;
- MIKTI ;
- ÉRINOH ;
- CLÉ DE SOL ;
- ISI.

Cette sélection répond à des critères de couverture thématique, d'ancienneté, de filiation (certains projets s'inscrivent dans le sillage direct d'autres projets) et de résultats. Elle peut être considérée comme raisonnablement représentative de la diversité des projets nationaux. Elle ne doit toutefois pas faire oublier que chaque projet national reste unique en termes d'objectifs visés, de partenaires mobilisés, de travaux effectués et de résultats obtenus. Les chapitres qui suivent en apporteront des éléments d'illustration.

Enfin, l'étape d'exploitation des données disponibles sur les dix projets sélectionnés met en évidence que six d'entre eux sont suffisamment documentés pour autoriser certaines études particulières :

- les données des projets ASIRI, BÉFIM, CLÉ DE SOL et ÉRINOH permettent d'examiner par le détail la participation des partenaires des projets ;
- les données des projets BÉFIM, MIKTI, CÉOS.fr et CLÉ DE SOL autorisent une caractérisation fine des commandes passées dans le cadre des projets.

### **6.3. L'ÉMERGENCE DE NOUVEAUX PROJETS, DEPUIS 2012, AU-DELÀ DES 25 CONSIDÉRÉS PAR L'ÉVALUATION**

Il est à noter que sept projets sont venus compléter les 25 à partir de 2012 :

- ÉMACOP, RECYBÉTON et VILLE 10D en 2012 ;
- MURE et MINnD en 2014 ;
- C2ROP et PERFDUB en 2015.

**Sauf mention contraire, les indicateurs présentés dans les pages suivantes portent sur le périmètre des 25 projets.**

## **7. LES ENJEUX ÉCONOMIQUES DE LA FILIÈRE GÉNIE CIVIL**

Il apparaît judicieux de débiter la partie du rapport d'évaluation s'intéressant aux données clés par la présentation des enjeux économiques du secteur du génie civil.

La caractérisation de ces enjeux a été obtenue en agrégeant et en consolidant les statistiques 2012 du nombre d'emplois, du nombre d'entreprises, du chiffre d'affaires France et export relatifs aux secteurs du BTP (source FNTP), de l'ingénierie (source SYNTEC Ingénierie) et des industries du ciment et du béton (source CIMBETON). Cette agrégation ne s'est pas résumée en une simple addition. Il a été vérifié que les données recoupées ne comportaient pas de superpositions ou d'absences de nature à compromettre la robustesse des estimations.

Ainsi, la filière génie civil pour l'année 2012 représentait<sup>1</sup> (cf. Illustration 4) :

- 630 000 emplois ;
- 38 000 entreprises ;
- 67,5 Mds€ de chiffre d'affaires "France" ;
- 44,9 Mds€ de chiffre d'affaires "export" ;
- 112,4 Mds€ de chiffre d'affaires total.

---

<sup>1</sup> Données utilisées pour dresser ce bilan des enjeux économiques :

- *statistiques de l'industrie cimentière française* :  
<http://www.infociments.fr/publications/industrie-cimentiere/statistiques/st-g08-2012>
- *les travaux publics en 2012* :  
[http://www.fntp.fr/travaux-publics/p\\_688579/les-travaux-publics-en-2012](http://www.fntp.fr/travaux-publics/p_688579/les-travaux-publics-en-2012)
- communication orale avec SYNTEC Ingénierie pour les statistiques 2012 de la filière (nombre d'entreprises, d'emplois, chiffre d'affaires).



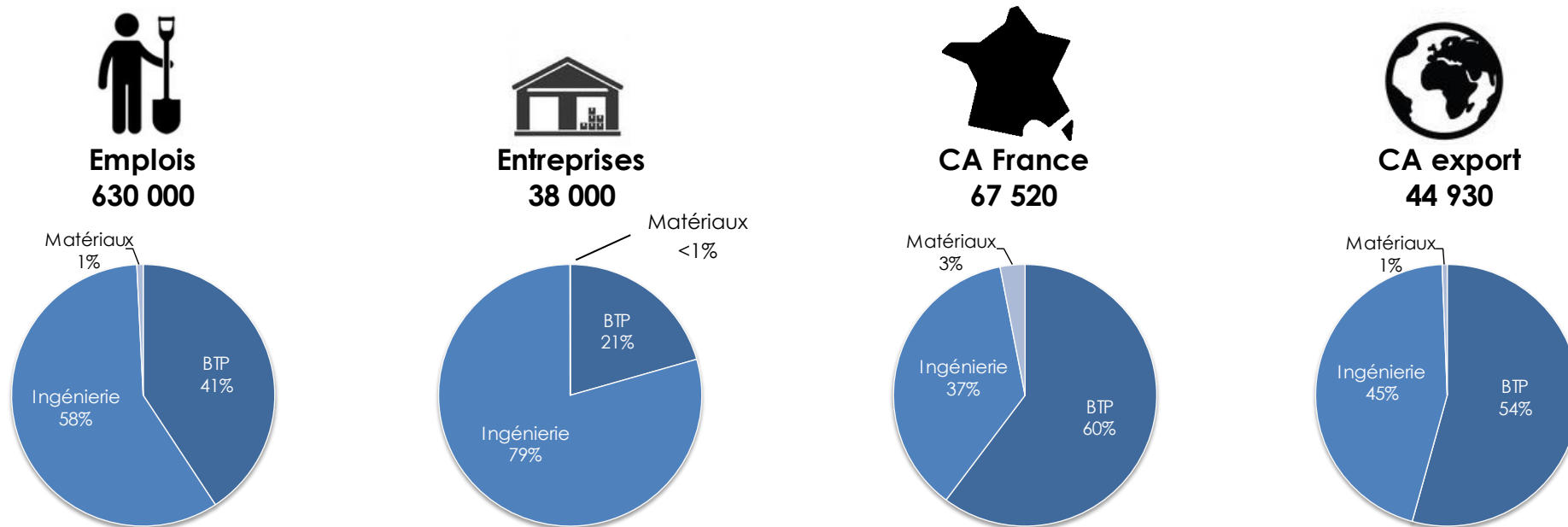


ILLUSTRATION 4 : ENJEUX ÉCONOMIQUES DE LA FILIÈRE GÉNIE CIVIL

## 8. LA CHRONOLOGIE DES PROJETS

### 8.1. DES PROJETS RÉPARTIS SUR LA PÉRIODE 1985-2012

Les 25 projets se répartissent sur une période de 27 années (cf. Illustration 5). Le premier projet, VNB, débute en 1985. Les plus récents, ÉRINOH et CÉOS.fr, se terminent en 2012.



ILLUSTRATION 5 : DISTRIBUTION DES 25 PROJETS NATIONAUX SUR LA PÉRIODE 1985-2012

### 8.2. UNE PROGRESSION RÉGULIÈRE DU NOMBRE DE PROJETS

Le portefeuille des 25 projets est constitué selon une progression en 3 phases (cf. Illustration 6). Après une période d'émergence (de 1985 à 1991) durant laquelle 3 projets nationaux sont lancés, une accélération du nombre de projets engagés est observée de 1992 à 1996 (passage de 3 à 13 projets, soit une multiplication par 4 du nombre de projets nationaux en 5 ans). A partir de 1997 et jusqu'en 2008, l'apparition de nouveaux projets est régulière au rythme d'un nouveau projet par an en moyenne. La période 2008-2011 se caractérise par l'absence de nouveaux projets. La dynamique reprend en 2012 avec une nouvelle génération de projets (hors périmètre d'évaluation, cf. § 6.1).

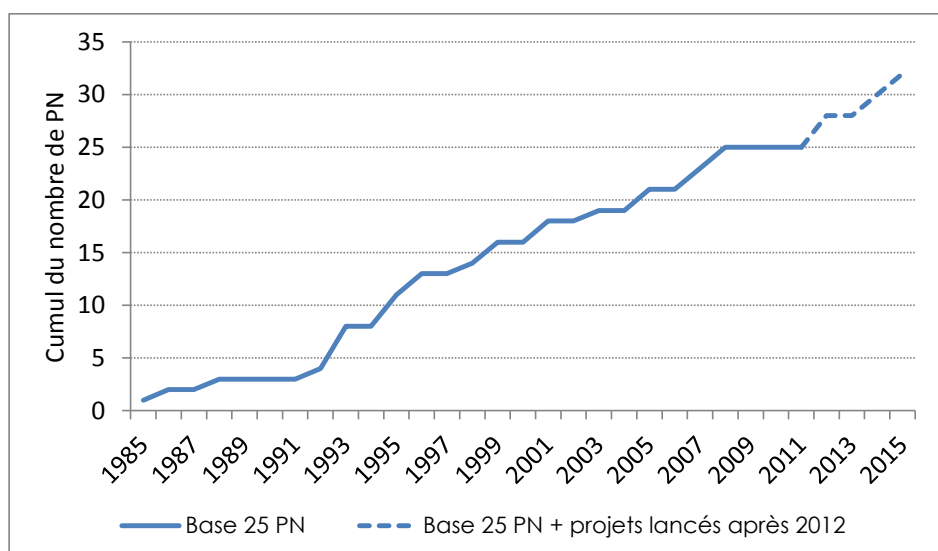


ILLUSTRATION 6 : DYNAMIQUE DE CONSTITUTION DU PORTEFEUILLE DES 25 PROJETS

L'examen du nombre annuel de projets nationaux révèle la période 1995-2001 comme la plus active avec la coexistence de plus de 9 projets simultanés (cf. Illustration 7). De 1985 à 1991, ce sont 3 projets nationaux tout au plus qui se déroulent en parallèle. Après la période d'activité la plus intense, à partir de 2002, on observe une stabilisation autour de 5 du nombre de projets simultanés.

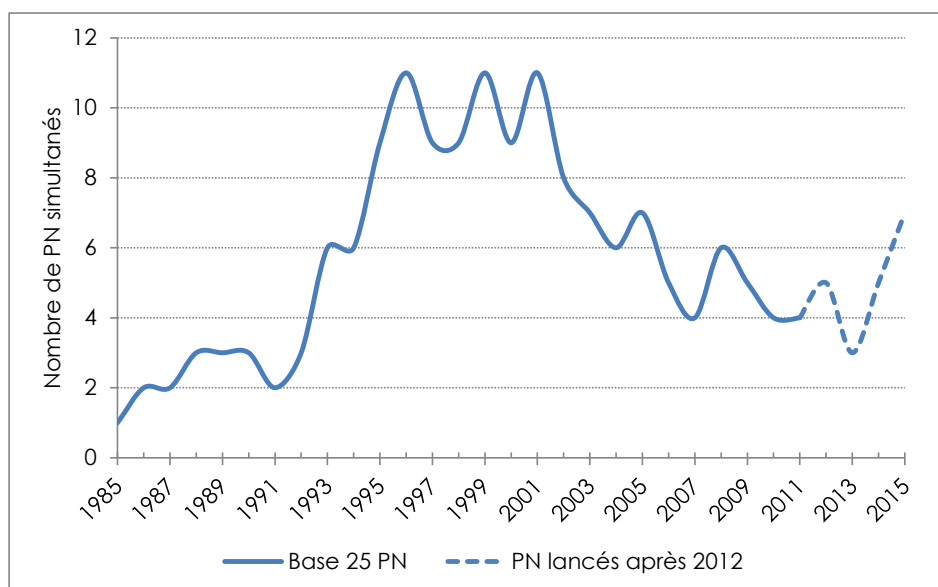


ILLUSTRATION 7 : ÉVOLUTION DU NOMBRE DE PROJETS NATIONAUX EN COURS CHAQUE ANNÉE

### 8.3. DES PROJETS D'UNE DURÉE MOYENNE DE 6 ANS

La durée moyenne d'un projet national est de 6 ans. Dans les faits, cf. Illustration 8, de nombreux projets s'éloignent de cette valeur qui ne concerne qu'un projet sur cinq. La durée la plus fréquente, près d'un projet sur quatre, est de 5 ans. Quelques projets (moins de 20%) se déroulent sur moins de 5 ans. Plus d'un projet sur trois dure

plus de 6 ans. La durée la plus longue, 13 ans, est enregistrée pour le projet RERAU (projet développé en 5 opérations dédiées chacune à un thème particulier).

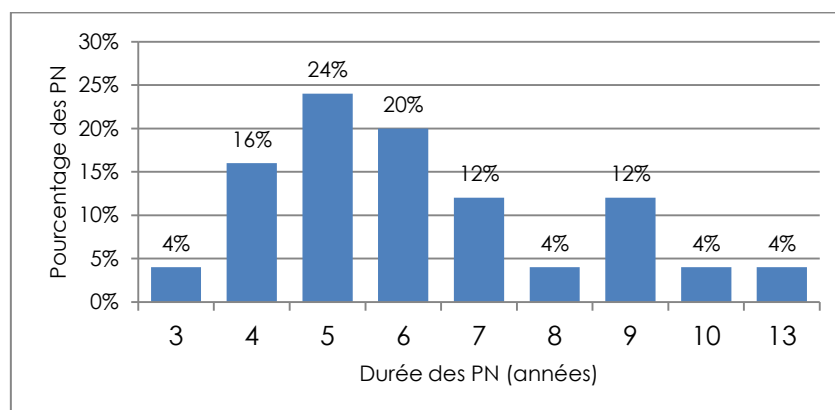


ILLUSTRATION 8 : DURÉE DES PROJETS NATIONAUX

## 9. LES PARTENAIRES MOBILISÉS DANS LE CADRE DES PROJETS

### 9.1. LES PARTENAIRES PRÉSENTS DANS LES PROJETS

417 entités ont été impliquées comme partenaires dans un ou plusieurs des 25 projets nationaux. Ce dénombrement est obtenu par comptage des partenaires associés aux 25 projets sans prise en compte des réorganisations, des fusions ou des acquisitions susceptibles d'être survenues depuis 1985.

En moyenne, un projet national réunit 31 partenaires. Moins d'un projet national sur cinq comporte un nombre de partenaires inférieur à 10 (cf. Illustration 9). A l'opposé, un projet sur cinq réunit plus de 40 partenaires.

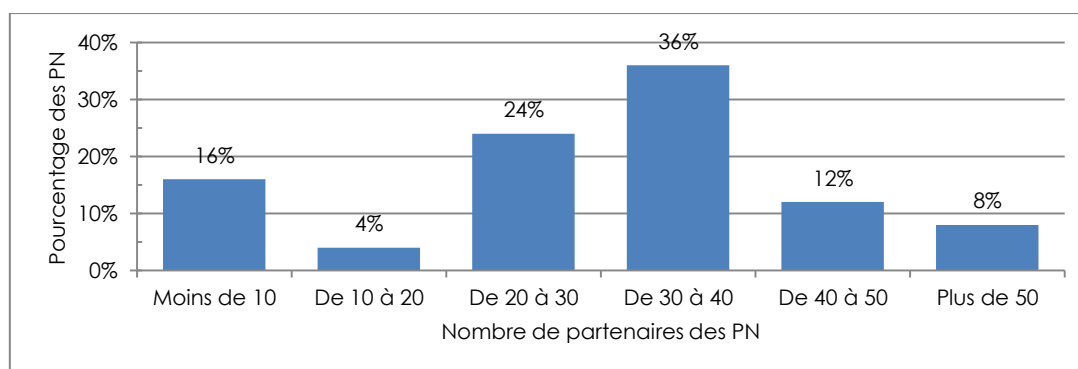


ILLUSTRATION 9 : NOMBRE DE PARTENAIRES DES PROJETS NATIONAUX

Cinq catégories de partenaires sont distinguées (cf. Illustration 10 et annexe pour liste des structures et organismes associés à chacune des catégories) :

- les administrations (ministères et leurs services déconcentrés en régions et départements, agences nationales) ;
- les entreprises privées ;

- les organismes de recherche et établissements d'enseignement supérieur publics ou privés ;
- les organisations professionnelles (centres techniques, fédérations professionnelles et syndicats de branches) ;
- les maîtrises d'ouvrages (entreprises publiques et privées, établissements publics, collectivités territoriales).

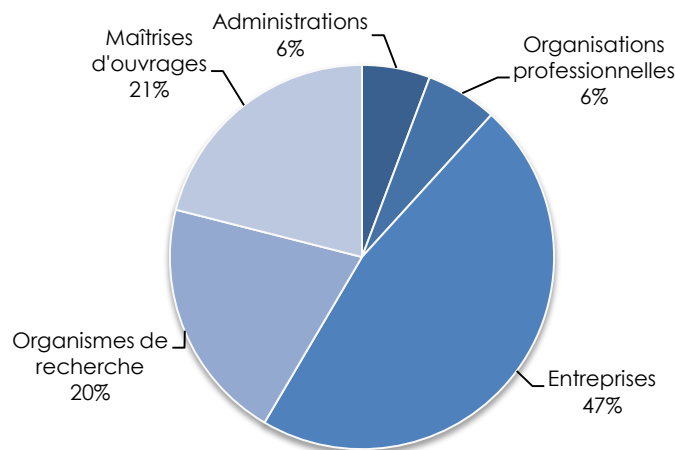
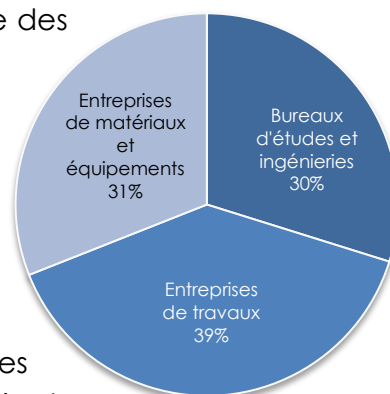


ILLUSTRATION 10 : PARTENAIRES IMPLIQUÉS DANS LES PROJETS NATIONAUX

Entreprises, organismes de recherche et maîtres d'ouvrages représentent près de neuf partenaires sur dix. Considérées individuellement, les entreprises rassemblent près de la moitié des partenaires des projets (47%).

Trois catégories peuvent être distinguées au sein du groupe des entreprises :

- les entreprises de travaux (39% des entreprises) ;
- les entreprises de matériaux et d'équipements (31%) ;
- les bureaux d'études et ingénieries (30%).



Il est intéressant d'examiner la participation des entreprises privées en fonction de leur taille (renseignée par la catégorie de cotisation, cf. Tableau 1). La taille des entreprises privées impliquées dans les projets varie selon les projets, leur ampleur, leurs besoins en ingénierie, travaux et matériaux. En règle générale, la taille des bureaux d'études et des entreprises de matériaux est de moins de 100 salariés ; celle des entreprises de travaux, de 100 à 1 000 salariés.

# Évaluation du dispositif des projets nationaux

## Données clés sur le dispositif des projets nationaux

<b>ASIRI</b>									
	Groupe 1	Groupe 2	Groupe 3		Groupe 1	Groupe 2	Groupe 3		
Bureaux d'études, ingénieries	43%	14%	43%	Bureaux d'études, ingénieries	<100 personnes	100-500 personnes	>500 personnes		
Entreprises de travaux	41%	53%	6%	Entreprises de travaux	<100 personnes	100-1 000 personnes	>1 000 personnes		
Entreprises de matériaux	100%	0%	0%	Entreprises de matériaux	<100 personnes	100-500 personnes	>500 personnes		
<b>BEFIM</b>									
	Groupe 0	Groupe 1	Groupe 2	Groupe 3	Groupe 0	Groupe 1	Groupe 2	Groupe 3	
Bureaux d'études, ingénieries	20%	60%	20%	0%	Bureaux d'études, ingénieries	<20 personnes	20-100 personnes	100-500 personnes	>500 personnes
Entreprises de travaux		30%	40%	30%	Entreprises de travaux	---	<100 personnes	100-1 000 personnes	>1 000 personnes
Entreprises de matériaux		50%	33%	17%	Entreprises de matériaux	---	<50 MF	50-500 MF	>500 MF
<b>CLE DE SOL</b>									
	Groupe 1	Groupe 2	Groupe 3		Groupe 1	Groupe 2	Groupe 3		
Bureaux d'études, ingénieries	0%	67%	33%	Bureaux d'études, ingénieries	<100 personnes	100-500 personnes	>500 personnes		
Entreprises de travaux	0%	0%	100%	Entreprises de travaux	<100 personnes	100-500 personnes	>500 personnes		
Entreprises de matériaux	0%	100%	0%	Entreprises de matériaux	<100 personnes	100-500 personnes	>500 personnes		
<b>ERINOH</b>									
	Groupe 1	Groupe 2	Groupe 3	Groupe 4	Groupe 1	Groupe 2	Groupe 3	Groupe 4	
Bureaux d'études, ingénieries		67%	33%	0%	Bureaux d'études, ingénieries	---	<100 personnes	100-500 personnes	>500 personnes
Entreprises de travaux		60%	40%	0%	Entreprises de travaux	---	<100 personnes	100-1 000 personnes	>1 000 personnes
Entreprises de matériaux	0%	0%	0%	0%	Entreprises de matériaux	<10 personnes	10-100 personnes	100-1 000 personnes	>1 000 personnes

TABLEAU 1 : PARTICIPATION DES ENTREPRISES PRIVÉES, SELON LEUR TAILLE, DANS LES PROJETS ASIRI, BÉFIM, CLÉ DE SOL ET ÉRINOH

Au sein des maîtres d'ouvrages, il convient de distinguer les établissements et entreprises publics (SNCF, EDF, RATP, ...) des collectivités territoriales. Les premiers représentent 56% du total des maîtres d'ouvrages, contre 44% pour les secondes.

## 9.2. DES PARTICIPATIONS AUX PROJETS NATIONAUX PLUS OU MOINS FRÉQUENTES

Les organismes de recherche sont présents dans la totalité des 25 projets nationaux (cf. Illustration 11). Les entreprises de travaux, les bureaux d'études et les maîtrises d'ouvrages publiques sont présents dans neuf projets sur dix.

La participation des collectivités territoriales aux projets nationaux est plus aléatoire. Elles ne sont identifiées que dans 20% des projets.

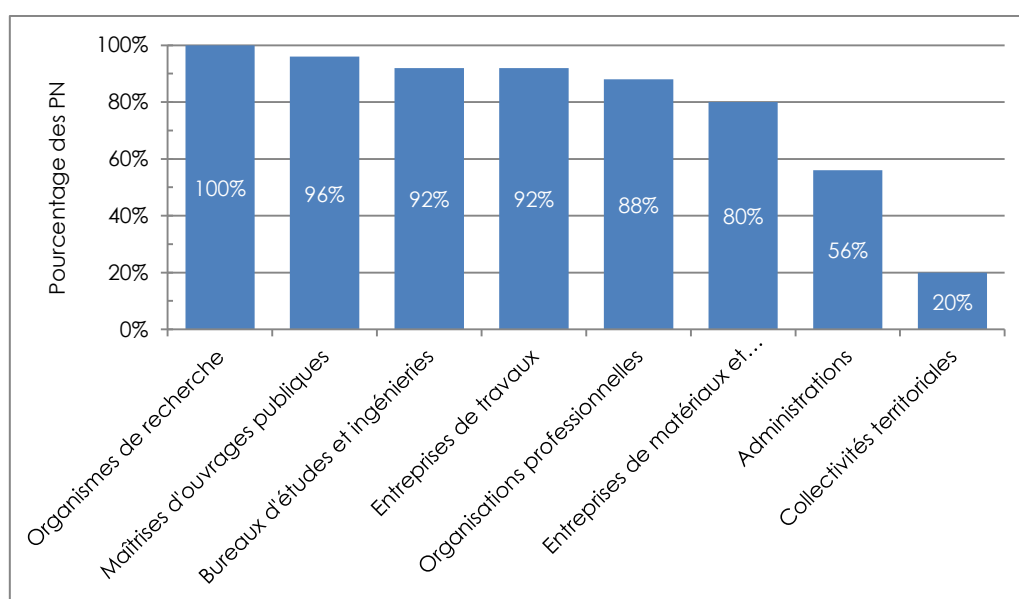


ILLUSTRATION 11 : FRÉQUENCE DE PARTICIPATION AUX PROJETS NATIONAUX DES CATÉGORIES DE PARTENAIRES

## 9.3. DES CAS FRÉQUENTS DE PARTICIPATIONS À PLUSIEURS PROJETS

Les entreprises de travaux et les maîtrises d'ouvrages publiques (cf. Illustration 12) sont les deux catégories de partenaires dont les représentants s'impliquent le plus fréquemment dans plusieurs projets nationaux (respectivement 42% et 44% des représentants des deux catégories).

Inversement, les représentants des administrations d'une part et des collectivités territoriales d'autre part ne réitèrent leur participation à plusieurs projets nationaux que pour respectivement 10% et 5% d'entre eux.

# Évaluation du dispositif des projets nationaux

## Données clés sur le dispositif des projets nationaux

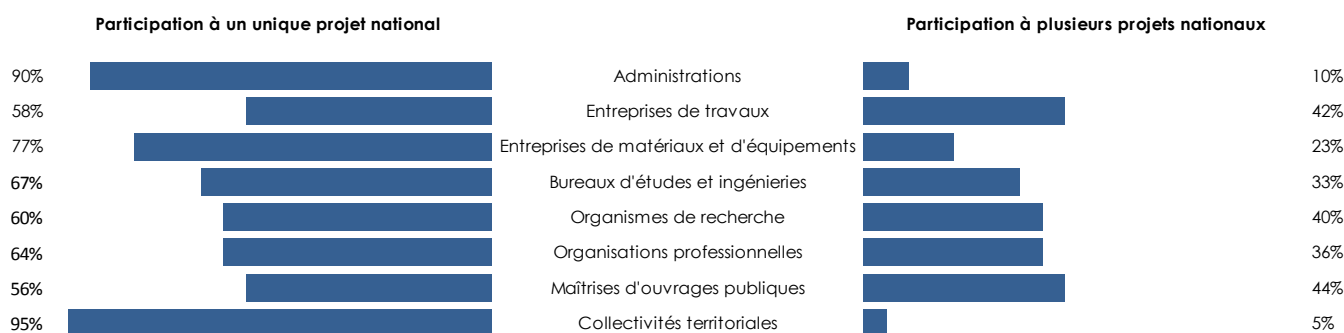


ILLUSTRATION 12 : FRÉQUENCE DE PARTICIPATION À PLUSIEURS PROJETS PAR CATÉGORIE DE PARTENAIRES

### 9.4. SYNTHÈSE DES PARTENAIRES ET DE LEUR PARTICIPATION

	Nombre de représentants	% de PN comptant un ou plusieurs représentants	% de représentants impliqués dans un seul PN	% de représentants impliqués dans plusieurs PN	Représentants les plus impliqués
<b>Administrations</b>	20	56%	90%	10%	DDE
<b>Entreprises de travaux</b>	70	92%	58%	42%	Campenon Bernard SGE GTM constructions Solétanche Bachy
<b>Entreprises de matériaux et d'équipements</b>	50	80%	77%	23%	Chryso Bonna sabla
<b>Bureaux d'études et ingénieries</b>	50	92%	67%	33%	Terrasol Rincent BTP services ANTEA
<b>Organismes de recherche</b>	80	100%	60%	40%	LCPC INSA Lyon ENPC
<b>Organisations professionnelles</b>	20	88%	64%	36%	FNTP CEBTP ATILH
<b>Maîtrises d'ouvrages publiques</b>	40	96%	56%	44%	SNCF EDF
<b>Collectivités territoriales</b>	30	20%	95%	5%	Agglomération de Nancy Ville de Besançon

TABEAU 2 : SYNTHÈSE DES INDICATEURS DE PRÉSENCE DES PARTENAIRES DANS LES PROJETS NATIONAUX

## 10. LE SCHÉMA DE FINANCEMENT DES PROJETS NATIONAUX

### 10.1. UN SCHÉMA QUI PROCURE UN EFFET DE LEVIER POUR LE MINISTÈRE

Dans la grande majorité des cas, les recettes d'un projet national sont constituées par :



Évaluation du dispositif des projets nationaux  
Données clés sur le dispositif des projets nationaux

- les apports en nature des partenaires, à hauteur de 60% ;
- les cotisations des partenaires, à hauteur de 20% ;
- les subventions du ministère chargé de l'Équipement puis du Développement durable, à hauteur de 20%.

Quatre projets reposent sur un schéma de financement particulier :

- les projets SOLCYP et ÉRINOH mobilisent des fonds de l'Agence nationale de la recherche (ANR) ;
- le projet S3 est financé pour 25 % par le Conseil régional d'Île-de-France ;
- le projet ISI intègre des subventions en provenance du ministère de l'Intérieur.

Montants en k€ HT	Cotisations et apports en nature	Subventions du ministère de l'Équipement puis du Développement durable	Budget total
ASIRI	1 911 k€	478 k€	2 389 k€
B@P	3 414 k€	812 k€	4 226 k€
BACARA	données manquantes		4 500 k€
BÉFIM	1 932 k€	480 k€	2 412 k€
BHP 2000	3 738 k€	927 k€	4 665 k€
CALIBÉ	2 435 k€	524 k€	2 959 k€
CÉOS.fr	4 545 k€	1 079 k€	5 625 k€
CLÉ DE SOL	4 270 k€	1 004 k€	5 275 k€
CLOUTERRE	3 975 k€	754 k€	4 729 k€
CRITERRE	1 682 k€	484 k€	2 165 k€
ÉRINOH	3 876 k€	452 k€	4 328 k€
FABAC	646 k€	118 k€	764 k€
FLORE	258 k€	64 k€	322 k€
FOREVER	4 327 k€	764 k€	5 091 k€
ISI	3 926 k€	944 k€	4 870 k€
KRONOS	256 k€	46 k€	302 k€
MICROTUNNELS	1 782 €	510 k€	2 291 k€
MIKTI	3 203 k€	898 k€	4 101 k€
Méthode observ.	42 k€	47 k€	89 k€
RERAU	4 609 k€	939 k€	5 548 k€
S3	1 335 k€	271 k€	1 606 k€
SOLCYP	4 259 k€	397 k€	4 656 k€
TUBA	284 k€	26 k€	310 k€
VIBROFONCAGE	906 k€	246 k€	1 152 k€
VNB	1 475 k€	225 k€	1 700 k€
	<b>59 088 k€</b>	<b>12 488 k€</b>	<b>76 075 k€</b>

TABLEAU 3 : BILAN DES RECETTES DES 25 PROJETS NATIONAUX

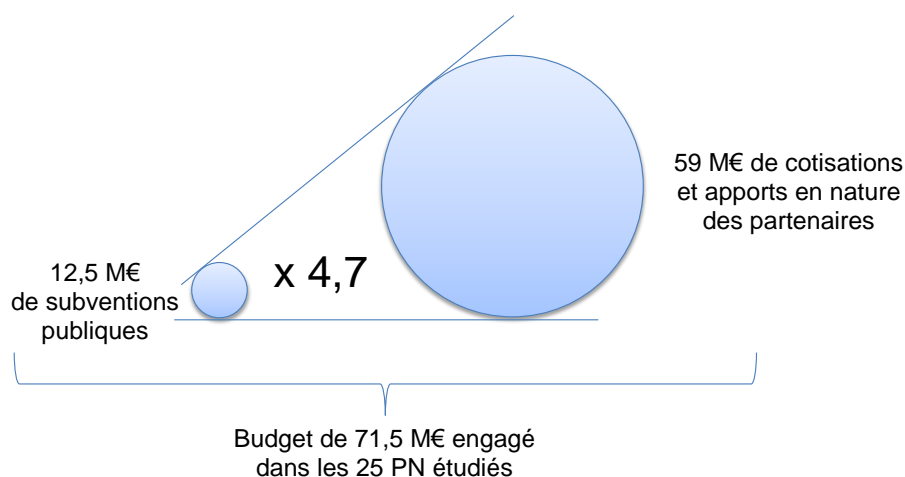


ILLUSTRATION 13 : EFFET DE LEVIER DES FINANCEMENTS PUBLICS DES 25 PROJETS NATIONAUX

Il est important de signaler que les 59 M€ de cotisations et apports en nature intègrent un retour de subventions publiques lorsque les partenaires sont des entités publiques. La participation de l'État aux projets nationaux ne se limite donc pas à la seule enveloppe des 12,5 M€. Le sujet du financement public des projets nationaux doit être examiné plus globalement, en y intégrant :

- les subventions pour charge de service public versées aux organismes publics qui interviennent comme partenaires (CEREMA, IFSTTAR, écoles et universités) ;
- le financement public des thèses menées dans le cadre des projets ;
- une partie des abattements fiscaux bénéficiant aux entreprises, au titre du crédit impôt-recherche ou de dispositifs équivalents, en leur offrant la marge de manœuvre nécessaire pour s'impliquer financièrement dans les projets nationaux.

L'effet de levier ne doit donc pas être interprété comme la capacité des subventions à déclencher un investissement privé mais comme leur aptitude à entraîner des acteurs publics et privés à s'associer dans le cadre de projets collaboratifs.

Le mécanisme de financement des projets nationaux permet un effet de levier significatif (cf. Illustration 13). Les 12,5 millions d'euros de soutien financier essentiellement du ministère en charge de l'Équipement permettent la mobilisation de 59 millions d'euros de contreparties des partenaires (cotisations pour adhésion aux projets nationaux et apports en nature), soit un effet de levier de 4,7.

## 10.2. ÉVOLUTION DES AUTORISATIONS D'ENGAGEMENTS SUR LA PÉRIODE 1992-2013

Les subventions ministérielles sont mobilisées sous la forme d'autorisations d'engagements permettant de financer les études préparatoires et les projets.

L'illustration 14 donne un aperçu de la dynamique d'évolution pluriannuelle des autorisations d'engagements sur la période 1992-2014.

1999, 2001, 2002 et 2009 sont les quatre années où les autorisations sont les plus importantes en montant (plus de 1 M€). 1994, 2005 et 2014 représentent, inversement, les années pour lesquelles les autorisations d'engagements sont les plus faibles (moins de 250 k€). Sur la période 1992-2014, les autorisations fluctuent autour de la valeur médiane de 620 k€. Ces données permettent de conclure sur l'absence de corrélation entre montants annuels des autorisations d'engagements et nombre de projets en cours.

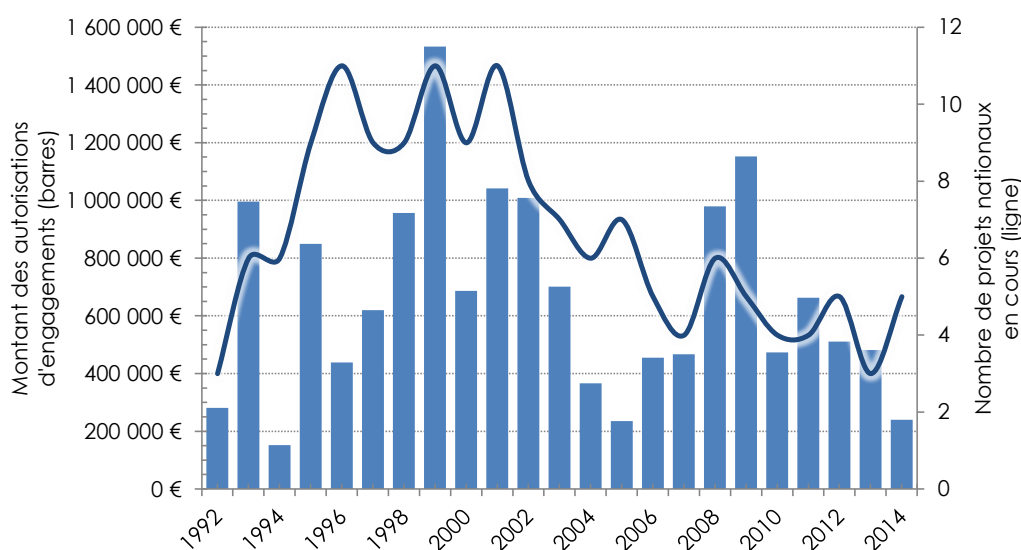


ILLUSTRATION 14 : ÉVOLUTION DES AUTORISATIONS D'ENGAGEMENTS SUR LA PÉRIODE 1992-2014

### 10.3. ZOOM SUR LES COTISATIONS

Les partenaires cotisent aux projets nationaux selon un barème, exprimé en nombre de T, calculé selon le type et la taille des structures. Les cotisations peuvent ainsi varier de 0,2 T (organismes de recherche ou entreprise de moins de 10 personnes) à 2 T ou plus (entreprises de travaux de plus de 1 000 personnes). La valeur de T varie selon les projets. A titre d'exemple, dans le cadre du projet CLÉ DE SOL, T était fixé à 10 000 F ; sa valeur était de 4 000 € pour ASIRI. Valeurs de T et barèmes de cotisation (nombre de T demandé à chacun des partenaires) sont définis dans les chartes des projets.

Le poids des partenaires dans les projets nationaux est sensiblement différent selon que l'on considère leur nombre ou leurs contributions à la somme des cotisations perçues. L'illustration 15 met en évidence que les principaux contributeurs, en termes de cotisations, correspondent aux catégories d'acteurs les plus directement concernées par les résultats des recherches.

Ainsi, les entreprises de travaux contribuent à hauteur d'environ 40% des cotisations des projets ASIRI et BÉFIM dont les résultats les concernent directement (mise en

œuvre et dimensionnement des inclusions rigides pour ASIRI et dimensionnement des structures en béton de fibres métalliques pour BÉFIM).

Dans le cadre de CLÉ DE SOL (ciblant le développement des galeries multiréseaux) les collectivités territoriales, directement concernées par les sujets portés par le projet (occupation du domaine public, maîtrise des coûts d'entretiens des réseaux et réduction des gênes et nuisances liées aux travaux) contribuent à plus de 70% au volume des cotisations.

Enfin, le projet ÉRINOH (destiné à accroître les connaissances de l'érosion interne pour la sécurisation et la durabilité d'ouvrages aux enjeux socio-économiques essentiels) intéresse directement les maîtrises d'ouvrages, les collectivités territoriales et les organisations professionnelles qui, en écho, consentent à y investir des moyens financiers.

Les organismes de recherche, bien qu'ils correspondent à un important effectif, cotisent peu du fait de la faible valeur de T qui leur est associée.

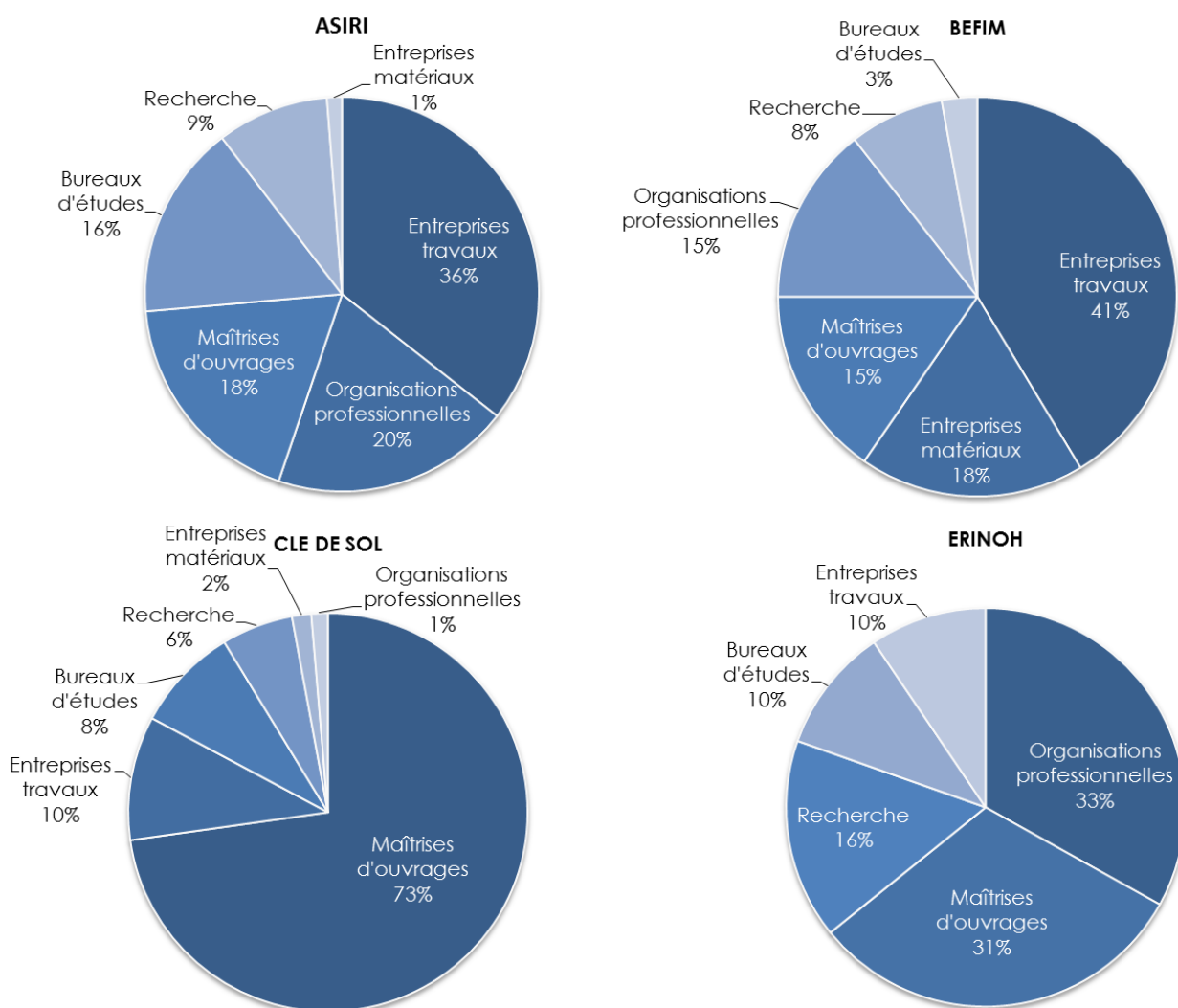


ILLUSTRATION 15 : ORIGINE DES COTISATIONS DES PROJETS ASIRI, BÉFIM, CLÉ DE SOL ET ÉRINOH (EN % DU NOMBRE TOTAL DE T)

## 11. LES COMMANDES PASSÉES DANS LE CADRE DES PROJETS

### 11.1. DES APPORTS EN NATURE POUR COMPLÉTER LA PRISE EN CHARGE DES COMMANDES PAR LES CRÉDITS DES PROJETS

Les crédits rassemblés dans le cadre des projets nationaux (cotisations et subventions) permettent de financer les commandes nécessaires aux recherches (cf. Illustration 16).

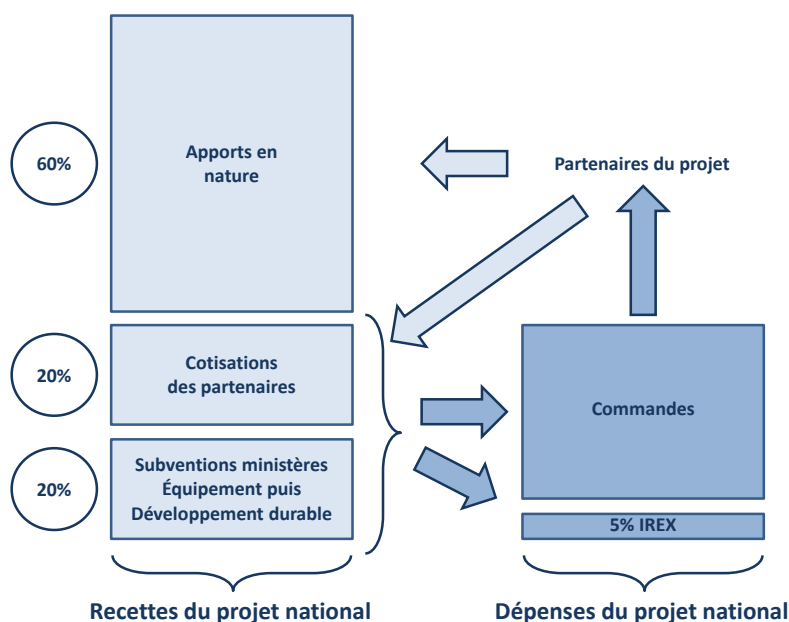


ILLUSTRATION 16 : SCHÉMATISATION DU FINANCEMENT DES PROJETS NATIONAUX<sup>2</sup>

Une partie des commandes est rémunérée par les recettes des projets. La réalisation des commandes mobilise également des apports en nature (valorisation des moyens humains et matériels engagés par les partenaires dans le cadre de la réalisation de différents travaux de recherche).

Selon le type d'exécutant (partenaires des projets ou fournisseurs de biens ou de services intervenant ponctuellement) et la nature des prestations, la part des commandes couverte par les recettes des projets nationaux est variable.

Les apports en nature peuvent revêtir différentes formes selon les types des projets, la nature des développements expérimentaux, les spécialisations des partenaires, les répartitions des tâches entre eux.

Ces apports en nature peuvent ainsi correspondre à :

- *du temps de travail :*
  - mise à disposition des résultats d'une recherche,
  - développement d'un modèle,
  - traitement de données,

<sup>2</sup> Le taux de subvention ne s'est stabilisé à 20% que dans les années 90. Il était auparavant moins figé.

- *construction d'un ouvrage,*
- *etc.*
- *la fourniture et/ou la mise en œuvre de matériaux ;*
- *la fourniture d'équipements ;*
- *la mise à disposition de terrains;*
- *etc.*

Il est difficile de caractériser plus finement les apports en nature. En effet, les documents rassemblés précisent, pour chacune des commandes, la part financée par le projet national et celle couverte par les apports en nature sans indiquer en détail les tâches de la commande couvertes par les recettes du projet et celles correspondant aux apports en nature.

Lorsqu'elles participent aux projets, les collectivités territoriales sont également concernées par les apports en nature. Dans le cas de CLÉ DE SOL, par exemple, leurs apports ont consisté en :

- *l'organisation de visites de galeries multi-réseaux ;*
- *le partage de retours d'expériences auprès des partenaires du projet sur des sujets juridiques, techniques, socio-économiques ou en lien avec la sécurité.*

## **11.2. LA TYPOLOGIE DES COMMANDES RÉALISÉES DANS LE CADRE DES PROJETS**

La nature des commandes passées dans le cadre des projets (cf. Illustration 17) est examinée pour l'échantillon illustratif des 4 projets (BÉFIM, CÉOS.fr, CLÉ DE SOL et MIKTI).

Des lettres de commande précisent la nature de la prestation, le thème de rattachement (information variable selon les projets nationaux), le montant total de la prestation et la clé de financement (part couverte par les crédits du projet national et part financée sous la forme d'apports en nature). L'examen des lettres de commandes permet de les rassembler sous 6 catégories :

- *les études (bibliographies, benchmarks, calculs numériques, modélisations, études technico-économiques, exploitations des résultats, rédaction de cahiers de charges) ;*
- *les essais de laboratoire ;*
- *les expérimentations sur chantier à l'échelle 1 ;*
- *la fabrication d'éléments nécessaires aux expérimentations ;*
- *l'organisation de manifestations ;*
- *les autres frais (qui correspondent le plus fréquemment aux indemnités pour le pilotage et l'animation des projets, à la rémunération des stagiaires et des thésards, aux remboursements de notes de frais).*

Une nouvelle fois, le constat porté souligne que les situations observées répondent à différentes logiques en fonction des objectifs des projets, de leurs cibles et de leurs partenaires. Aucune loi standard ne s'applique à l'ensemble des projets examinés.

La nature des commandes est très liée à celle des projets. BÉFIM et MIKTI consacrent plus du tiers de leurs commandes à des essais de laboratoire ; situation très cohérente avec les objectifs de ces deux projets qui s'intéressent au matériau béton renforcé de fibre métallique pour BÉFIM et aux connexions acier/béton pour MIKTI. Dans les deux cas, des essais de laboratoire sont indispensables, et constituent le cœur des besoins pour conduire les recherches.

CÉOS.fr oriente près du tiers de ses commandes en direction des études. Situation cohérente pour un projet centré sur la révision des codes de dimensionnement des ouvrages massifs en béton.

Une logique est également respectée dans le cadre de CLÉ DE SOL qui flèche 65% de ses commandes vers des prestations de pilotage et d'animation d'un projet dont l'essence est de faire travailler en réseau un grand nombre de collectivités concernées par le sujet des galeries multiréseaux.

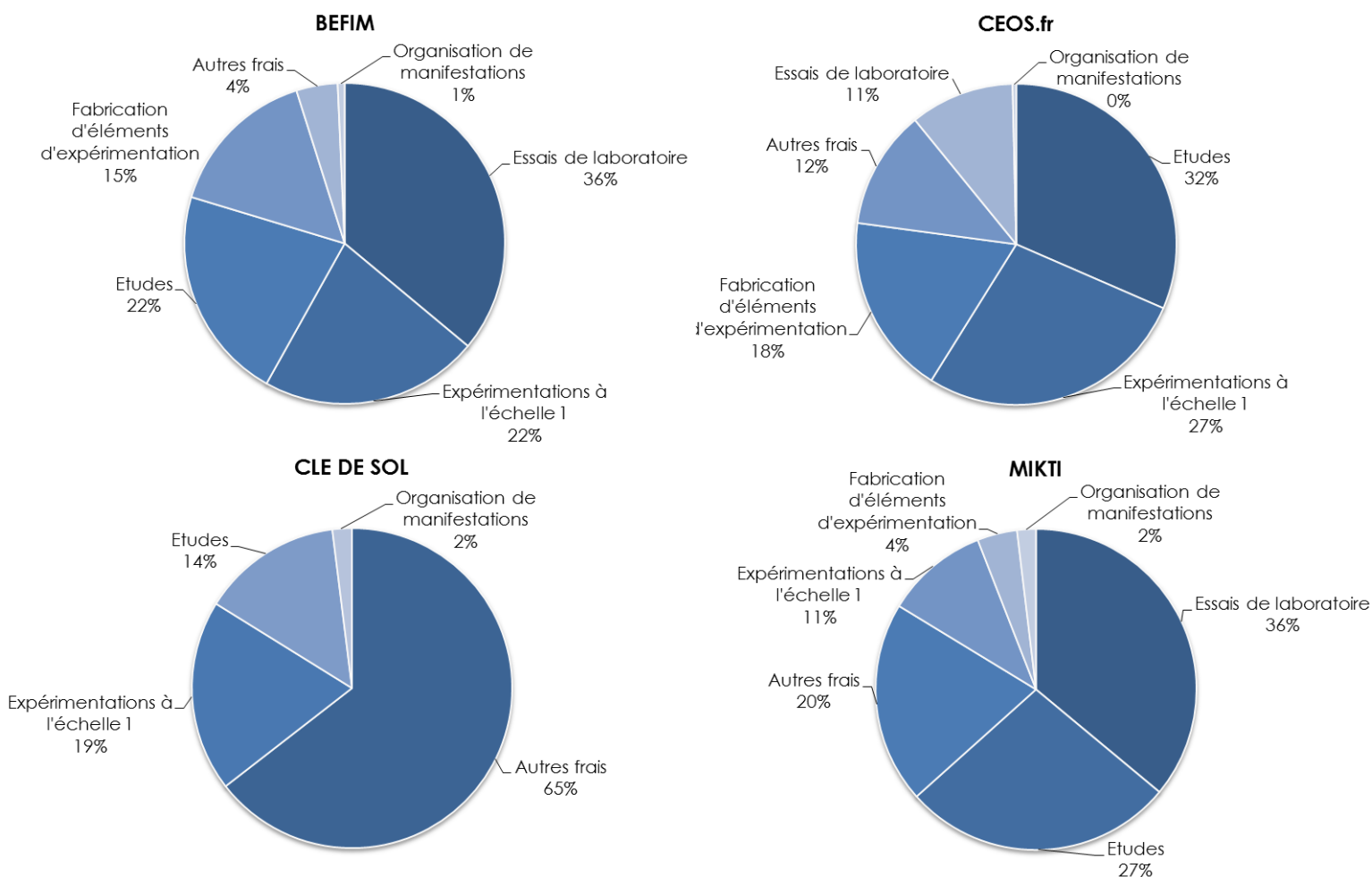


ILLUSTRATION 17 : VENTILATION DES COMMANDES PASSÉES DANS LE CADRE DES PROJETS BÉFIM, CÉOS.FR, CLÉ DE SOL ET MIKTI

	BÉFIM	CÉOS.fr	CLÉ DE SOL	MIKTI
Études	22%	32%	14%	27%
Essais de laboratoire	36%	11%		36%
Expérimentation à l'échelle 1	22%	27%	19%	10%
Fabrication d'éléments d'expérimentation	15%	18%		4%
Organisation de manifestations	1%	<1%	2%	2%
Autres frais	4%	12%	64%	20%

TABLEAU 4 : VENTILATION DES COMMANDES PASSÉES DANS LE CADRE DES PROJETS BÉFIM, CÉOS.FR, CLÉ DE SOL ET MIKTI

De par leur nature, tous les projets ne nécessitent pas des commandes pour la fabrication d'éléments d'expérimentation (cf. Tableau 4). En revanche, ils investissent tous dans des expérimentations à l'échelle 1 (logiquement car il s'agit d'une des marques d'identité des projets nationaux).

L'organisation de manifestations représente moins de 2% des dépenses consacrées aux commandes.

### 11.3. LES BÉNÉFICIAIRES DES COMMANDES

Dans le cadre de CLÉ DE SOL, l'examen des commandes montre qu'elles mandatent, pour près de trois-quarts d'entre elles, des fournisseurs qui ne sont pas partenaires des projets (cf. Tableau 5).

Pour les trois autres projets examinés (ASIRI, BÉFIM et ÉRINOH), plus de 80% des commandes sont passées à des partenaires.

	Montant total des commandes (k€)	Nombre de commandes	Dépense moyenne engagée dans une commande (k€)	% de commandes vers partenaires	% de commandes hors partenaires
ASIRI	1 000	170	6,0	78%	22%
BÉFIM	825	90	9,1	89%	11%
CLÉ DE SOL	1 350	150	8,9	27%	73%
ÉRINOH	766	110	7,1	99%	1%

TABLEAU 5 : STRATÉGIES DE COMMANDES DES PROJETS ASIRI, BÉFIM, CLÉ DE SOL ET ÉRINOH

S'agissant des montants des commandes, ils sont eux aussi variables et dépendent, une fois encore, des besoins exprimés pour la conduite des recherches.

Lorsqu'elles bénéficient aux partenaires des projets, les commandes sont susceptibles de tous les concerner. Dans les faits, certaines catégories de partenaires sont davantage concernées (cf. Illustration 18). En dehors du projet CLÉ DE SOL, les partenaires qui bénéficient le plus des commandes sont les représentants des organismes de recherche (plus de la moitié du montant des commandes pour ASIRI et BÉFIM et près des trois-quarts pour ÉRINOH).



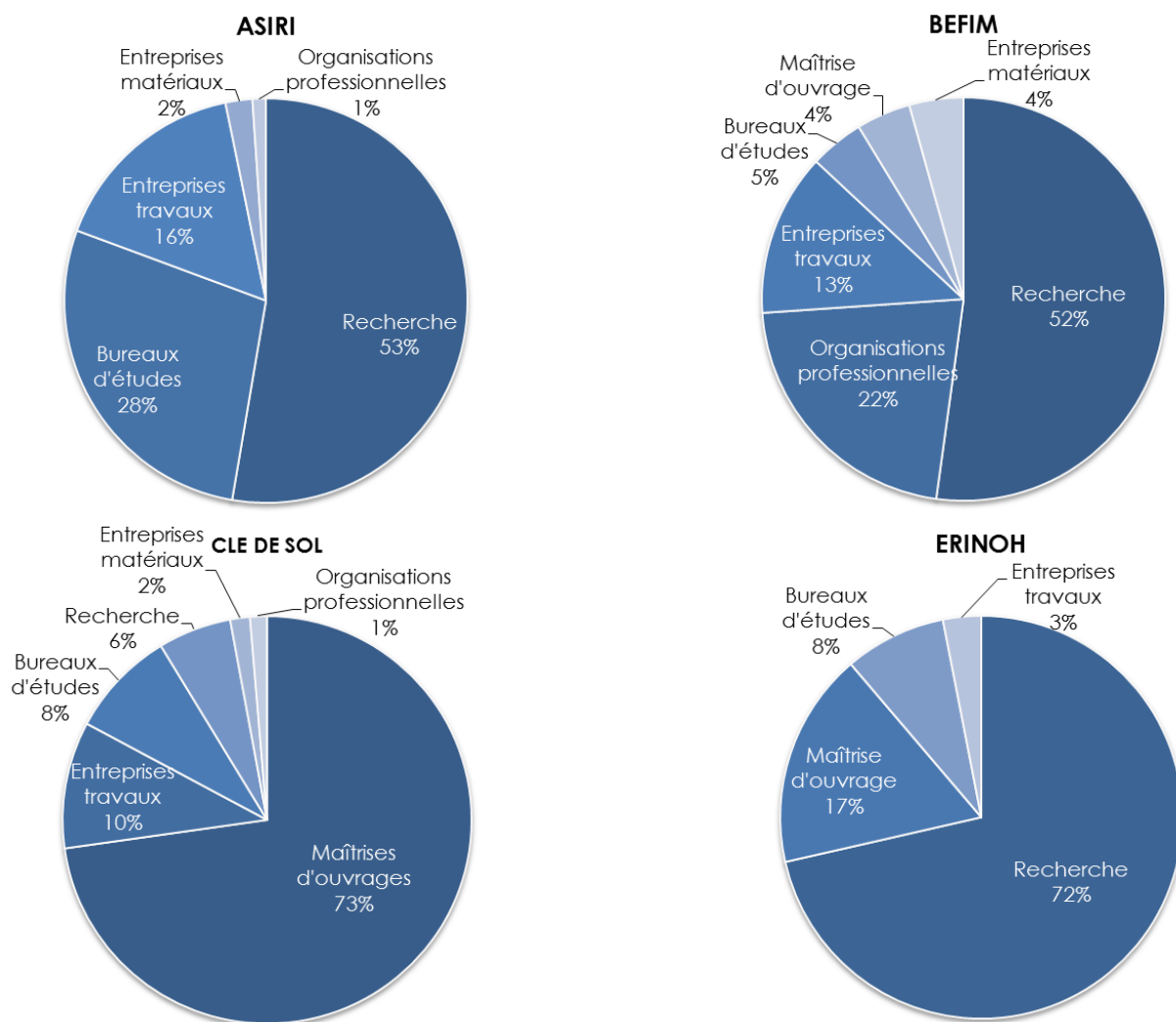


ILLUSTRATION 18 : CATÉGORIES DE PARTENAIRES BÉNÉFICIAIRES DES COMMANDES DES PROJETS ASIRI, BÉFIM, CLÉ DE SOL ET ÉRINOH

#### 11.4. LA RÉCURRENCE DES COMMANDES

Les données rassemblées sur les projets ASIRI, BÉFIM, CLÉ DE SOL et ÉRINOH renseignent sur le nombre de commandes confiées aux partenaires des projets (cf. Illustration 19).

Pour trois des quatre projets examinés, une majorité de leurs partenaires ne s'implique pas dans les recherches au travers de commandes (55% pour ASIRI et BÉFIM et jusqu'à 61% pour CLÉ DE SOL). Seul le projet ÉRINOH échappe à cette situation. Dans son cas, 63% des partenaires du projet sont impliqués dans les recherches par l'intermédiaire de commandes.

Lorsqu'ils sont concernés par les commandes, les partenaires qui en réalisent moins de 5 sont les plus nombreux (37% pour ASIRI, 32% pour BÉFIM et 39% pour CLÉ DE SOL et 44% pour ÉRINOH). Les partenaires qui effectuent plus de 10 commandes représentent moins de 10% des effectifs pour ASIRI, BÉFIM et CLÉ DE SOL et 13% pour ÉRINOH qui apparaît comme celui des 4 projets qui distribue ses commandes de la façon la plus équilibrée.

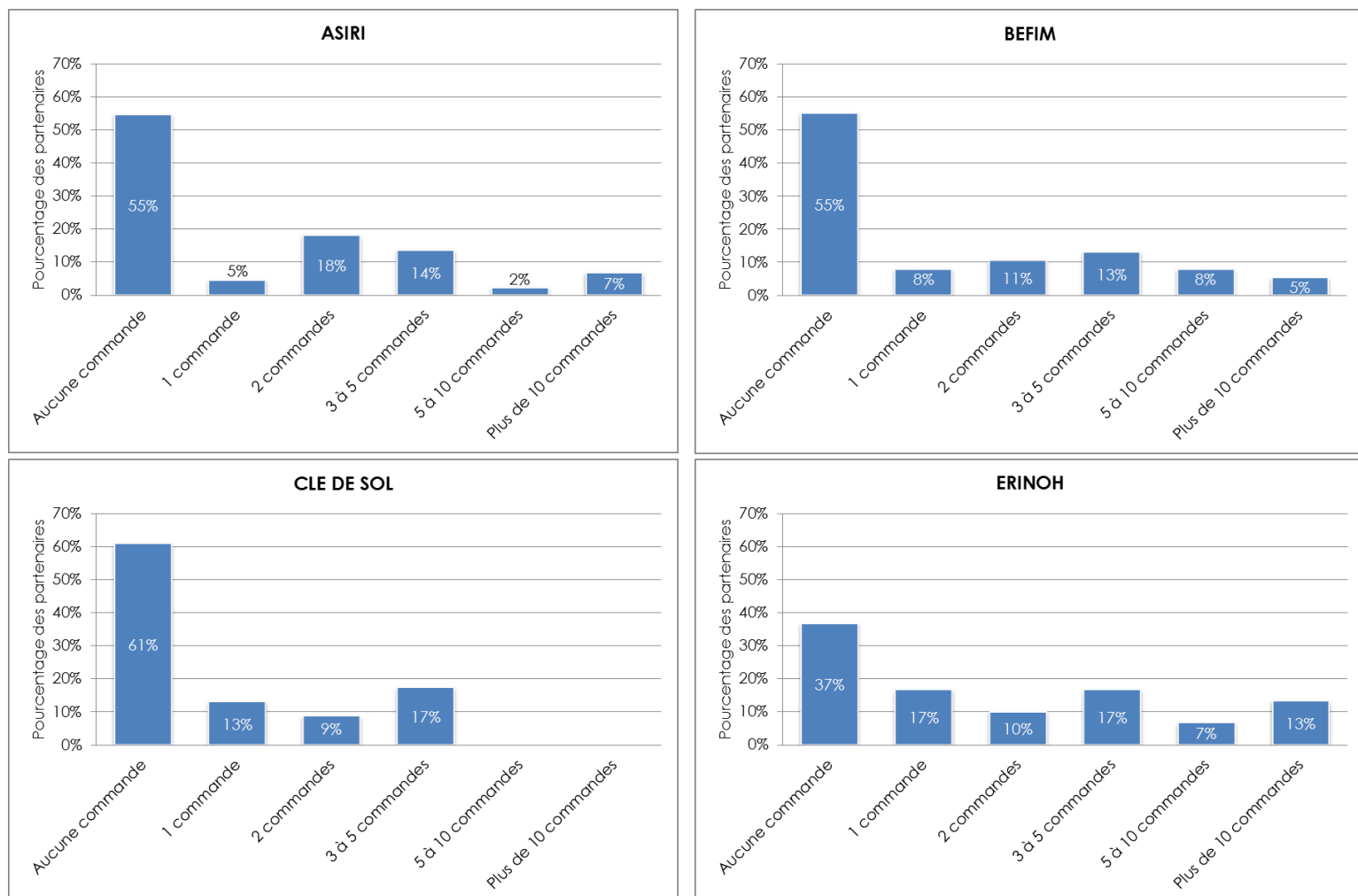


ILLUSTRATION 19 : NOMBRE DE COMMANDES PASSÉES AUX PARTENAIRES DES PROJETS ASIRI, BÉFIM, CLÉ DE SOL ET ÉRINOH

## 11.5. UN EFFORT D'INVESTISSEMENT VARIABLE SELON LES PROJETS ET LES PARTENAIRES

L'effort d'investissement financier des partenaires dans les projets peut être mesuré en rapprochant, sous l'angle de vue des partenaires, recettes (montant des commandes) et dépenses (addition des cotisations et des apports en nature). Pour une meilleure lisibilité, cet effort d'investissement est calculé par catégorie d'acteurs.

Pour chacun des projets ASIRI, BÉFIM, CLÉ DE SOL et ÉRINOH, l'illustration 20 indique, par catégorie de partenaires, et lorsque la somme des dépenses (cotisations et apports en nature) n'est pas nulle, l'effet multiplicateur par lequel le montant des commandes est converti en dépenses pour le projet.

L'effort d'investissement par catégorie de partenaires varie sensiblement d'un projet à un autre.

# Évaluation du dispositif des projets nationaux

## Données clés sur le dispositif des projets nationaux

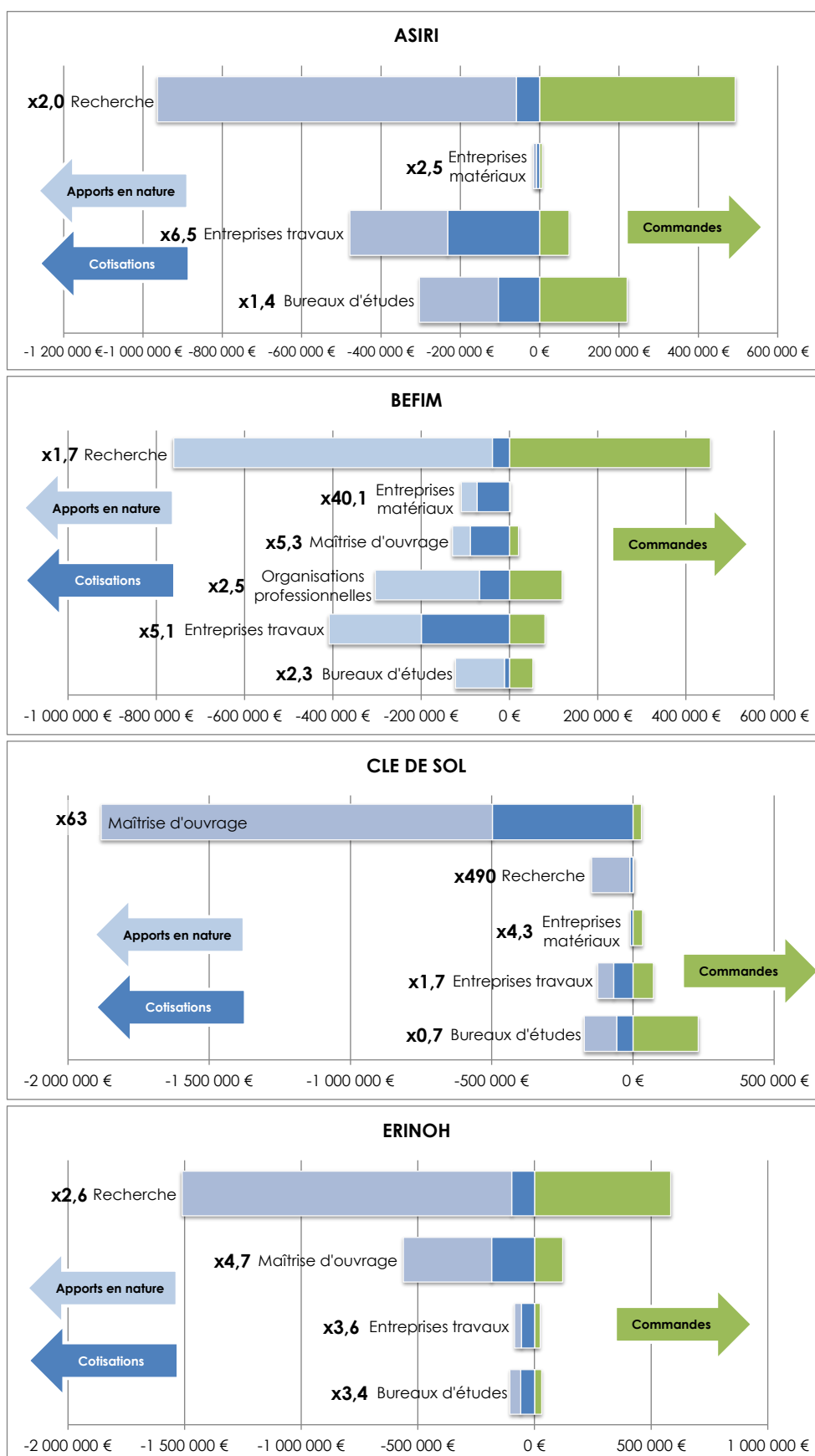


ILLUSTRATION 20 : EFFORT D'INVESTISSEMENT PAR CATÉGORIE DE PARTENAIRES DES PROJETS ASIRI, BÉFIM, CLÉ DE SOL ET ÉRINOH

S'agissant des organismes de recherche, les commandes passées à leurs représentants induisent un investissement humain (et pécuniaire dans une moindre mesure) amplifié par un facteur variant de 1,7 pour BÉFIM à 2,6 pour ÉRINOH (2,0 pour ASIRI). Le cas de CLÉ DE SOL reste atypique pour cette catégorie d'acteurs, la recherche y occupant une place marginale.

Concernant les entreprises de travaux, l'effort d'investissement est nettement supérieur à celui observé pour les organismes de recherche (constat qui corrobore les conclusions issues de l'examen des implications financières des partenaires). Cet effort varie de 1,7 pour CLÉ DE SOL (impliquant peu d'expérimentation de chantier, cf. page 39) à 6,5 pour ASIRI.

Pour les bureaux d'études et ingénieries, l'effort d'investissement varie de 0,7 (recettes supérieures aux dépenses) pour CLÉ DE SOL à 3,4 pour ÉRINOH.

Ces constats mettent en évidence, une fois encore, que la diversité des projets (en termes d'objectifs, de questions posées, de partenaires et de besoins en investigations scientifiques et techniques) mobilise les partenaires à des degrés variables ; expliquant ainsi les différentes situations rencontrées en matière d'effet démultiplicateur des commandes sur les dépenses en cotisations et en apports en nature.

## **11.6. EFFET D'ENTRAÎNEMENT DES FINANCEMENTS PUBLICS SUR LES FINANCEMENTS PRIVÉS**

Les apports de financements publics aux projets nationaux prennent la forme, en complément des subventions ministérielles, des cotisations et des apports en nature consentis par les organismes publics (maîtrises d'ouvrages publiques, recherche et collectivités territoriales). Selon le même schéma, les financements privés des projets nationaux correspondent aux cotisations et apports en nature des entreprises (travaux, matériaux et fournitures), des bureaux d'études et des organisations professionnelles.

L'effet d'entraînement des financements publics sur les financements privés est variable selon les projets (il a été calculé pour les 4 projets ASIRI, BÉFIM, CLÉ DE SOL et ÉRINOH, cf. Illustration 21).

Pour ASIRI et BÉFIM il est respectivement de 0,6 et 0,7. Il s'agit de deux projets qui mobilisent les entreprises sur des sujets en lien avec la géotechnique et les fondations d'une part, et le matériau béton d'autre part.

Cet effet d'entraînement est significativement moins important et s'établit à 0,1 et 0,2 pour les projets CLÉ DE SOL et ÉRINOH. Il s'agit de deux projets qui intéressent davantage les maîtres d'ouvrage et organismes de recherche publics.

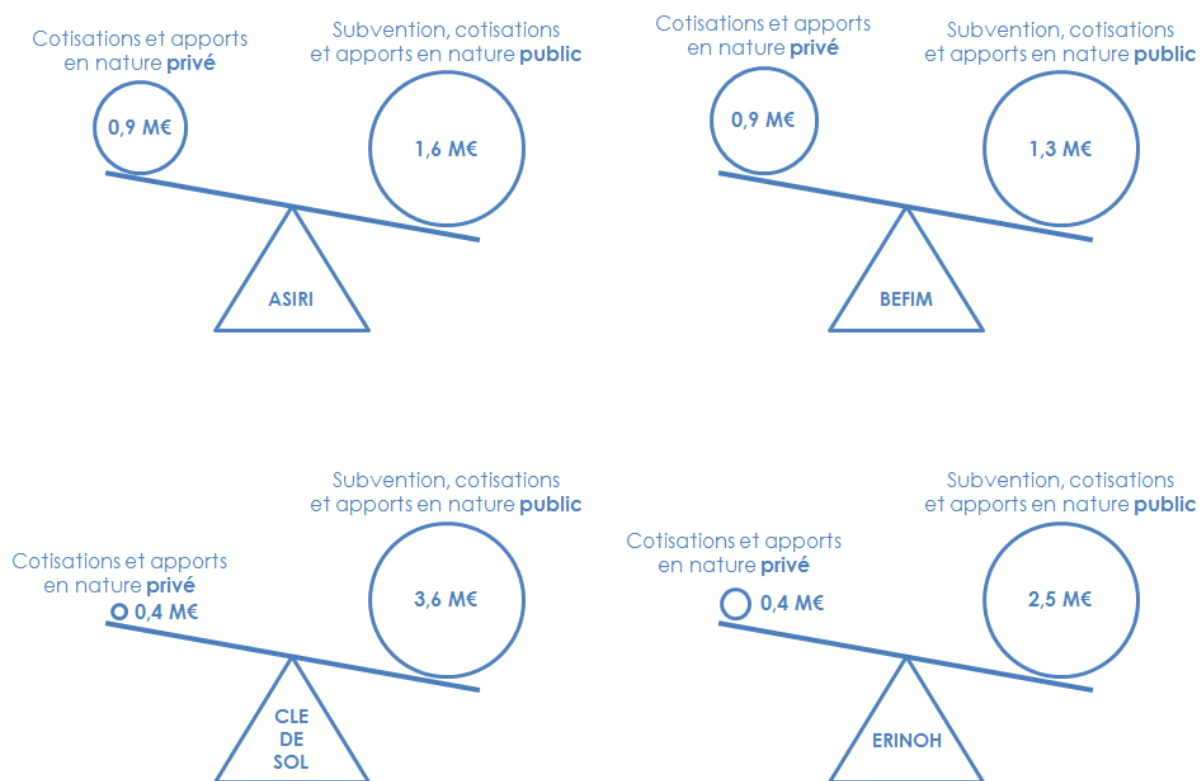


ILLUSTRATION 21 : EFFET D'ENTRAÎNEMENT DES FINANCEMENTS PUBLICS SUR LES FINANCEMENTS PRIVÉS DES PROJETS ASIRI, BÉFIM, CLÉ DE SOL ET ÉRINOH

## 12. L'IMPLICATION DU COMITÉ D'ORIENTATION DU RGC&U DANS LA VALIDATION DES PROJETS NATIONAUX

Les projets nationaux émergent d'une idée portée par quelques personnalités sous la forme d'une question scientifique et technique partagée et non résolue. Avant que le projet ne mûrisse en projet national, ses précurseurs doivent convaincre des partenaires et leurs pairs de l'intérêt à s'investir dans le projet.

Avant d'incomber, à partir de 1999, au CODOR RGC&U, la validation des projets nationaux relevait des compétences du CORGEC, comme en atteste l'un des objectifs qui est assigné à ce dernier : « développer la validation et la justification du domaine d'emploi de nouveaux matériaux, modes de conception et de calcul, procédés d'exécution, en particulier par la conception, la réalisation, l'analyse du comportement d'ouvrages de génie civil intégrant ces nouveautés ».

L'analyse de l'influence des instances sur la maturation des projets nationaux se concentre sur la période la plus récente ; celle où le CODOR RGC&U assure cette fonction (l'ensemble des comptes rendus du CODOR a été réuni lors de la recherche documentaire). La documentation antérieure rassemblée, éparse, rend difficile l'exercice de compréhension du rôle du CORGEC sur l'orientation des projets nationaux.

Les projets nationaux débutent par la réalisation d'études préalables dites d'opportunité, de faisabilité et de montage<sup>3</sup>. Les objectifs associés à ces études sont de démontrer l'utilité des recherches, de consolider les sujets à traiter et les réponses à apporter, de s'assurer de la robustesse du consortium réuni. Les études préalables permettent de confronter la vision du projet à celles d'experts extérieurs. Les remarques formulées, les réflexions enclenchées et les discussions menées concourent à l'évolution et à la maturation du projet initial qui, s'il est retenu, donnera naissance à un nouveau projet national.

Les résultats de ces études sont, depuis 1999, présentés lors des réunions du CODOR RGC&U (comité d'orientation du réseau génie civil et urbain). Les avis et commentaires exprimés par les rapporteurs des projets, puis examinés collectivement par l'ensemble du CODOR, ont valeur de validation et de passage à l'étape suivante.

L'examen des comptes rendus du CODOR RGC&U sur la période 1999-2013 apporte un éclairage sur la façon dont cette instance influence le contenu des projets nationaux les plus récents.

Le CODOR RGC&U s'est réuni à 44 reprises du 9 avril 1999 au 19 juin 2013. Lors de 33 séances (trois-quarts des séances) il a eu à s'exprimer sur 14 projets nationaux qui lui ont été présentés à différents stades de maturité.

## 12.1. LA COMPOSITION DU CODOR RGC&U

Le CODOR RGC&U réunit des expertises en cohérence avec les missions qui lui sont confiées :

- *proposition des thèmes de recherche pertinents avec les enjeux de la filière du génie civil ;*
- *identification des verrous technologiques à dépasser ;*
- *organisation de l'évaluation a priori des projets de recherche ;*
- *suivi périodique de l'exécution des projets ;*
- *pilotage de l'évaluation externe et a posteriori des projets de recherche.*

La composition du CODOR, arrêtée à son lancement en 1999, évolue en 2006 et 2009 (cf. Illustration 22). Une augmentation du nombre de membres siégeant au CODOR est observée (passage de 18 en 1999 à 27 en 2006, soit +50%). Les membres les plus nombreux sont les représentants des organismes de recherche (de 30 à 40% selon les compositions). La part des entreprises de travaux et des maîtrises d'ouvrages publiques diminue avec le temps. Inversement, la participation des administrations et des organisations professionnelles s'accroît. Les bureaux d'études et ingénieries représentent environ 10% des membres du CODOR. On note enfin une

---

<sup>3</sup> Le montage des projets en trois étapes n'a été formalisé que dans les années 2000.

faible participation des collectivités territoriales et des entreprises de matériaux et d'équipements.

Le CODOR comporte également parmi ses membres des experts thématiques recrutés pour compléter les expertises (agences des villes, inspecteurs de l'Éducation nationale, architectes, experts issus de pôles de compétitivité).

Le CODOR réunit surtout des expertises du génie civil ; la présence des disciplines du bâtiment et de l'aménagement reste limitée.

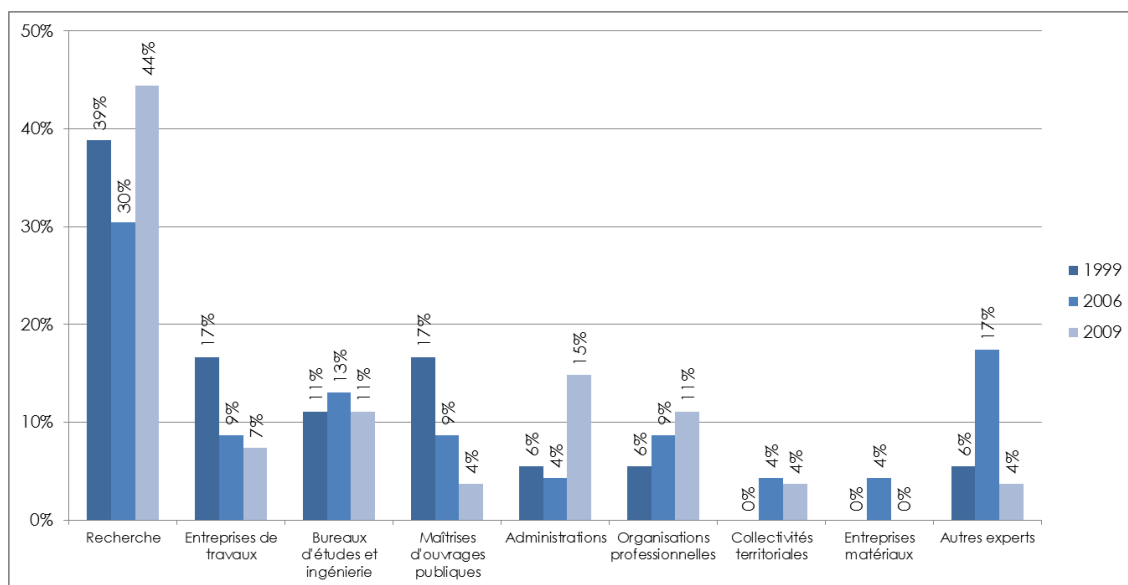


ILLUSTRATION 22 : COMPOSITIONS COMPARÉES DU CODOR RGC&U EN 1999, 2006 ET 2009

## 12.2. LES CHAMPS D'ANALYSE CRITIQUE DU CODOR RGC&U

Les membres du CODOR RGC&U sont amenés à se prononcer sur les dossiers qui leur sont présentés. Les champs d'analyse critique concernent :

- les **enjeux** des projets. Les observations portent dans ce cas sur la pertinence des projets, notamment économique, pour la filière du génie civil. Une présentation insuffisante, l'absence d'opportunité économique ou de débouché pour les résultats des projets peut amener le CODOR à formuler un refus ou une demande de précisions/réorientations ;
- les **objectifs** des projets. Les observations se concentrent dans ce cas sur des objectifs insuffisamment détaillés ou trop ambitieux. En fonction des avis exprimés par le rapporteur, puis par les membres du CODOR, des adaptations peuvent être demandées aux porteurs des projets ;
- les **équipes** constituées. L'équilibre des équipes, et leur cohérence vis-à-vis des objectifs, font partie des points de vigilance. La présentation de la contribution des différents partenaires aux projets est également analysée. Des demandes de précisions ou de renforcement de la présence de certaines catégories d'acteurs sont formulées ;

- le **budget** des projets. Le regard du CODOR RGC&U porte sur la cohérence des budgets affichés avec les objectifs et les moyens des projets, la précision dans la répartition budgétaire des différentes tâches ou étapes des projets. Les observations émises concernent alors le réexamen du coût du projet ou la recherche de financements additionnels. Dans certains cas, le projet peut être retenu avec réduction du budget demandé ;
- le **pilotage** des projets. Les angles d'analyse et les recommandations qui en découlent portent par exemple sur des demandes de renforcement du pilotage. Des adaptations peuvent également être suggérées lorsqu'un pilote est également concerné par d'autres tâches dans le projet, avec le risque de dispersion associé ;
- le **calendrier** des projets. Un projet se déroulant sur une durée trop longue, un planning imprécis peuvent induire des remarques du CODOR RGC&U ;
- la **méthode** mise en œuvre dans le cadre du projet est un autre axe d'analyse du CODOR RGC&U. Très liées aux caractéristiques intrinsèques à chaque projet, les observations émises ne peuvent être synthétisées. Des remarques générales et récurrentes sont toutefois régulièrement émises :
  - sur la forme : compréhension de la méthode proposée,
  - sur le fond : pertinence et exhaustivité des investigations envisagées, caractère innovant de la démarche ;
- la **valorisation** des résultats des projets. Les rapporteurs et les membres du comité d'orientation examinent dans ce cas le plan de diffusion et le caractère partagé et généralisable des résultats. Des demandes d'adaptations sont formulées lorsque la valorisation est jugée insuffisante ou dans le cas de résultats qui ne bénéficieraient qu'à l'un des partenaires.

### 12.3. LE BILAN DES AVIS FORMULÉS PAR LE CODOR RGC&U

Sur la période 1999-2013, 14 projets nationaux sont soumis à l'évaluation du CODOR RGC&U à différents stades (opportunité, faisabilité, montage) : ARSCOP, ASIRI, B@P, C2R2OP, CÉOS.fr, CLÉ DE SOL, EMACOP, ISI, MIKTI, MURE, PERFDUB, RECYBÉTON, VIBROFONCAGE et VILLE 10D.

Un seul projet soumis à l'avis du RGC&U, traitant du comportement des ouvrages en terre en conditions non saturées, a été rejeté en octobre 2010 au motif du manque d'enjeux. 67% des dossiers sont validés lors des réunions du CODOR (33% en l'état et 34% moyennant adaptations).

Lorsque le CODOR appelle des adaptations auprès des porteurs des projets, elles le sont très fréquemment au titre de la méthode envisagée (71% des demandes d'adaptation reprennent une telle demande) ou du budget présenté (41% des demandes d'adaptations formulées). Les avis exprimés par le RGC&U influencent



également des évolutions des équipes, du pilotage et de valorisation des résultats (cf. Tableau 6).

Souvent, le CODOR assortit ses demandes d'adaptations de remarques portant sur deux des huit sujets de son spectre d'analyse critique (cf. Illustration 24).

Il est à noter que deux études n'ont pas reçu l'aval du CODOR RGC&U pour être engagées :

- étude d'opportunité d'un projet présenté en 2010 et concernant les terrassements économiques, écologiques et durables (TERDURABLES) en raison de l'absence de caractère holistique et systématique de la proposition. On relèvera toutefois que le projet a été présenté et accepté pour un soutien à l'édition 2011 du programme « Villes et bâtiments durables » de l'ANR (l'instruction dans le cadre des projets nationaux a été utile à la genèse du projet ANR) ;
- étude de faisabilité d'un projet de 2005 portant sur les matériaux durables (les raisons de ce refus n'ont pas été retrouvées).

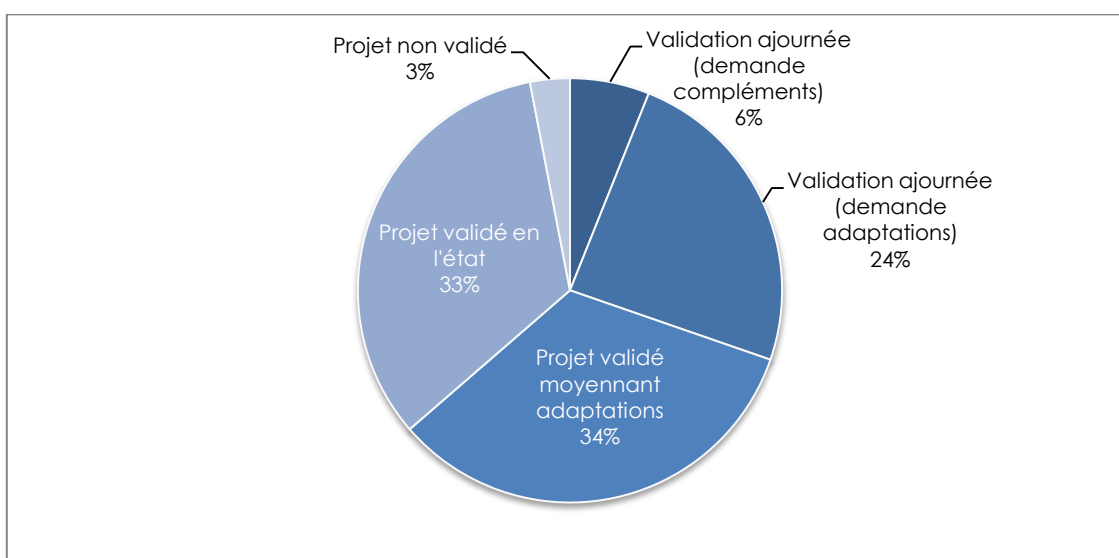


ILLUSTRATION 23 : VENTILATION DES AVIS RENDUS PAR LE CODOR RGC&U SUR 14 PROJETS NATIONAUX EXAMINÉS DE 1999 À 2013

Sujets à l'origine des demandes	% de demandes reprenant le sujet
Enjeux	12%
Objectifs	18%
Equipe	35%
Budget	41%
Pilotage	29%
Calendrier	6%
Méthode	71%
Valorisation	24%

TABLEAU 6 : ARGUMENTS INVOQUÉS PAR LE CODOR RGC&U POUR JUSTIFIER D'ADAPTATIONS DES PROJETS NATIONAUX

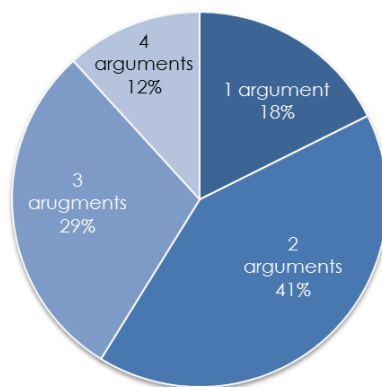


ILLUSTRATION 24 : NOMBRE D'ARGUMENTS REPRISS PAR LE CODOR RGC&U POUR JUSTIFIER D'ADAPTATIONS DES PROJETS NATIONAUX

### 13. UNE CHARTE POUR DÉFINIR L'ORGANISATION ET LE FONCTIONNEMENT DES PROJETS

Chacun des projets nationaux fait l'objet de la signature d'une charte entre les partenaires, sur laquelle le ministère n'intervient pas. Elle précise :

- les engagements des signataires et notamment celui de mener à bien le projet jusqu'à son terme ;
- la liste des partenaires et la possibilité de rejoindre le projet sous condition de s'acquitter d'une cotisation calculée depuis le démarrage du projet ;
- les objectifs associés au Projet National ;
- l'organisation du pilotage du projet avec la mise en place d'un comité directeur ;
- le suivi du projet avec la mise en place d'un comité scientifique et technique ;
- le montage financier du Projet National construit autour :
  - d'une subvention ministérielle égale à 20% du coût global des travaux de recherche,
  - d'une participation financière des partenaires au moyen de cotisations et d'apports en nature (prestations d'études, essais de laboratoire, expérimentations en vraie grandeur),
  - d'une provision, égale à 5% du montant du projet, destinée à l'IRES pour rémunérer sa mission ;
- le rôle de l'IRES dans la gestion du projet :
  - négociation et signature des conventions et des contrats,
  - secrétariat,
  - convocation des réunions,
  - rédaction et diffusion des comptes rendus,
  - gestion comptable du projet,
  - appel des cotisations,
  - gestion de la subvention d'État,

- *gestion des commandes ;*
- *les droits de propriété industrielle des résultats du projet ainsi que les actions de valorisation et de diffusion des connaissances ;*
- *la durée du projet national.*

## 14. LA VALORISATION DES RÉSULTATS DES RECHERCHES

L'objectif n'est pas ici de procéder à une revue exhaustive et détaillée de la valorisation des résultats des projets nationaux mais de chiffrer, à partir des données disponibles, des indicateurs traduisant les démarches de valorisation engagées par les équipes en termes :

- *de publication de monographies ;*
- *de publication d'articles dans la presse spécialisée ;*
- *d'organisation de manifestations ;*
- *de recrutement de doctorants et de post-doctorants.*

### 14.1. LES MONOGRAPHIES PUBLIÉES AU TERME DES PROJETS

A la date de réalisation de l'évaluation, un total de 41 monographies a pu être recensé. Ces documents synthétisent tout ou partie des résultats des projets (cf. Tableau 7) sous la forme de guides pratiques, de guides méthodologiques, de recueils de recommandations, etc.

La première monographie recensée a été publiée en 1994. La période d'édition la plus productive est 2002-2005 (cf. Illustration 25) avec un rythme de 6 publications éditées annuellement contre environ 1 publication annuelle avant 2002 et après 2005.

Plusieurs ouvrages ont été édités pour 7 des 25 projets nationaux étudiés :

- BHP 2000 : 8 documents ;
- CRITERRE et B@P : 4 documents ;
- RERAU et ÉRINOH : 3 documents ;
- MICROTUNNELS ET CLOUTERRE : 2 documents.

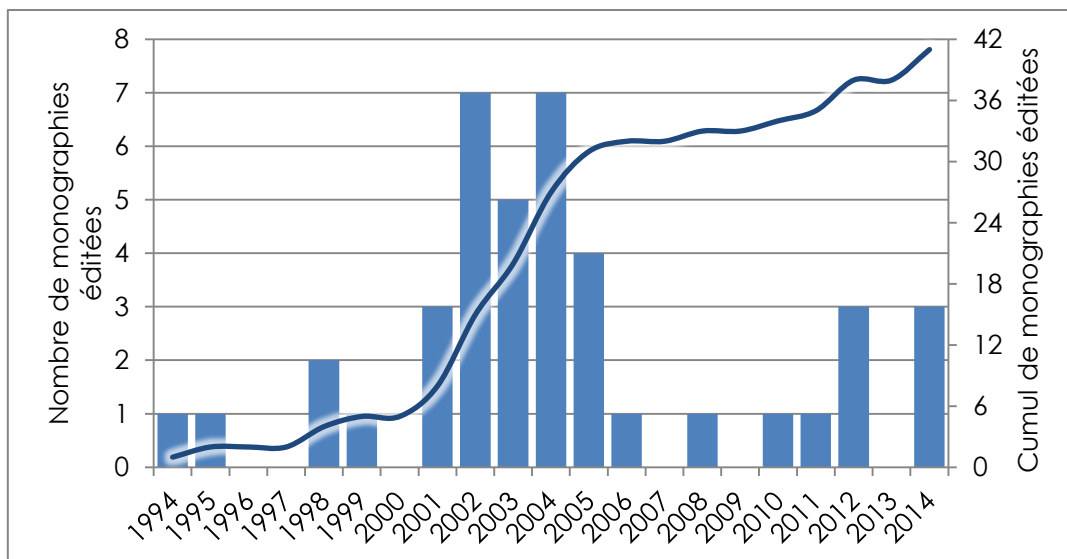


ILLUSTRATION 25 : DYNAMIQUE DE PUBLICATION DES MONOGRAPHIES PRÉSENTANT LES RÉSULTATS DES PROJETS NATIONAUX

Les documents édités dans le cadre de ces 7 projets nationaux ont été traduits en anglais (CLOUTERRE, FOREVER, CRITERRE, MICROTUNNELS, B@P, MIKTI et ASIRI). Dans le cas d'ASIRI, les traductions anglaises sont complétées par des éditions en portugais et en chinois.

Évaluation du dispositif des projets nationaux  
Données clés sur le dispositif des projets nationaux

	Titre de l'ouvrage	Année	Pages	Editeur	Exemplaires	Traduction
<b>CLOUTERRE 1</b>	Recommandations CLOUTERRE 1991 pour la conception, le calcul, l'exécution et le contrôle des soutènements réalisés par clouage des sols	1994	272	Presses des Ponts et Chaussées	1 000	Anglais Coréen
<b>CLOUTERRE 2</b>	Additif 2002 aux recommandations CLOUTERRE 1991	2002	224	Presses des Ponts et Chaussées		Anglais Coréen
<b>BACARA</b>	Le béton compacté au rouleau - Les barrages en BCR	1995	200	Presses des Ponts et Chaussées		
<b>FLORE</b>	Fissuration des chaussées en béton, Recommandations du Projet National FLORE	1998	34	LCPC		
<b>FOREVER</b>	Synthèse des résultats et recommandations du projet national sur les micropieux	2003	352	Presses des Ponts et Chaussées		Anglais
<b>TUBA</b>	Procédure pratique pour les études de prévision et de contrôle de battage	1998	113	CETMEF, transmis aux services maritimes et fluviaux		
<b>MICROTUNNELS</b>	Microtunneliers	2003	222	Hermes-Science Publications / Lavoisier		
	Forages Dirigés	2003	202	Hermes-Science Publications / Lavoisier		
<b>RERAU</b>	Gestion patrimoniale des réseaux d'assainissement urbains	2005	416	Tec&Doc Lavoisier		
	Restructuration des collecteurs visitables - Tome 1	2002	152	Tec&Doc Lavoisier		
	Restructuration des collecteurs visitables - Tome 2	2004	250	Tec&Doc Lavoisier		
<b>BÉFIM</b>	Le développement industriel des bétons de fibres métalliques	2002	264	Presses des Ponts et Chaussées		
<b>BHP 2000</b>	Guide pratique à l'attention des architectes et des maîtres d'œuvre	2001	63	IREX		
	Guide pratique à l'attention des bureaux d'études pour l'application des règles BAEL et BPEL 99 au BHP		148	IREX		
	Guide pratique à l'attention des fournisseurs de béton	2002	47	IREX		
	Guide pratique à l'attention des laboratoires	2002	58	IREX		
	Guide technique : les Bétons à Haute Performance dans la préfabrication			CERIB		
	Guide technique : Valorisation des BHP dans les piles et pylônes de grande hauteur des ouvrages d'art	2003	104	LCPC		
	Association de bétons et d'armatures à hautes performances	2003	136	Presses des Ponts et Chaussées		
Synthèse des travaux du Projet National BHP 2000 sur les bétons à hautes performances	2005	304	Presses des Ponts et Chaussées			
<b>FABAC</b>	Guide de dimensionnement. Structures neuves en BAC collé sur GB	2001	31	CIMBéton		
<b>KRONOS</b>	Les facteurs d'influence sur le vieillissement des ouvrages d'art. Rapport de synthèse du Projet National KRONOS 1	1999		IREX		
<b>CALIBÉ</b>	Résultats et recommandations du Projet National CALIBÉ	2004	456	Presses des Ponts et Chaussées		
<b>CRITERRE</b>	Guide technique sur la détection de cavités souterraines par méthodes géophysiques	2004	170	LCPC		
	Guide sur les méthodes géophysiques et géotechniques pour le diagnostic des digues de protection contre les crues	2004	124	Quae	350	Anglais
	Recommandations pratiques pour le contrôle du diamètre des colonnes de jet-grouting		72	IREX		
	Rapport de synthèse sur la pollution des sols par des hydrocarbures					

Évaluation du dispositif des projets nationaux  
Données clés sur le dispositif des projets nationaux

	Titre de l'ouvrage	Année	Pages	Editeur	Exemplaires	Traduction
<b>VIBROFONCAGE</b>	Guide technique 2006: Vibrofonçage - Vibratory pile driving	2006	382	Presses des Ponts et Chaussées		Anglais
<b>CLÉ DE SOL</b>	Guide pratique des galeries multiréseaux	2005	240	Ouvrages de TechniCités		
<b>B@P</b>	Bétons autoplaçants - Recommandations provisoires	2002	98	Documents scientifiques et techniques AFGC	1 000	Anglais
	Recommandations pour l'emploi des bétons Autoplaçants (version actualisée de l'ouvrage de 2002)	2008	127	Documents scientifiques et techniques AFGC	1 000	Anglais
	Avancées technologiques dans le domaine des bétons autoplaçants - travaux du projet national B@P	2011	260	Presses des Ponts et Chaussées		Anglais
	Monographie des ouvrages en BAP	2004	152	CIMBéton		
<b>MIKTI</b>	Ponts mixtes acier-béton : un guide pour des ouvrages innovants	2010	464	Presses des Ponts et Chaussées		Anglais
<b>METHODE OBSERVATIONNELLE</b>	La méthode observationnelle pour le dimensionnement interactif des ouvrages	2005	128	Presses des Ponts et Chaussées		
<b>ASIRI</b>	Recommandations pour la conception, le dimensionnement, l'exécution et le contrôle de l'amélioration des sols de fondation par inclusions rigides	2012	384	Presses des Ponts et Chaussées	12 500	Anglais Chinois Portugais
<b>ISI</b>	Guide pratique Le Moniteur	2012	34	Le Moniteur		
<b>ÉRINOH</b>	Guide ÉRINOH sur les essais d'érosion	2014		IREX		
	Guide ÉRINOH sur les méthodes de détection	2014		IREX		
	Guide ÉRINOH sur les méthodes d'ingénierie	2014		IREX		
<b>S3</b>	Projet national S3, surveillance de santé structurale des ouvrages	2012	293	IFSTAR		

TABLEAU 7 : LISTE DES MONOGRAPHIES ÉDITÉES AU TERME DES PROJETS NATIONAUX

## 14.2. DES PROJETS ÉVOQUÉS DANS LA PRESSE SPÉCIALISÉE

A défaut d'avoir réussi à réaliser un inventaire exhaustif des publications scientifiques, un focus sur les articles publiés dans des revues professionnelles est présenté. Une telle réduction de l'analyse s'avère pertinente dans la mesure où elle illustre les efforts de vulgarisation des résultats des projets dans des revues faisant audience auprès des acteurs économiques du génie civil.

Les projets nationaux font l'objet de publications dans différentes revues professionnelles. Les informations rassemblées lors de l'évaluation permettent de dresser un inventaire et une analyse des articles parus dans les revues « le Moniteur » et « Travaux ». L'illustration 26 présente les lectorats de ces deux revues, utilisateurs potentiels des résultats des projets.

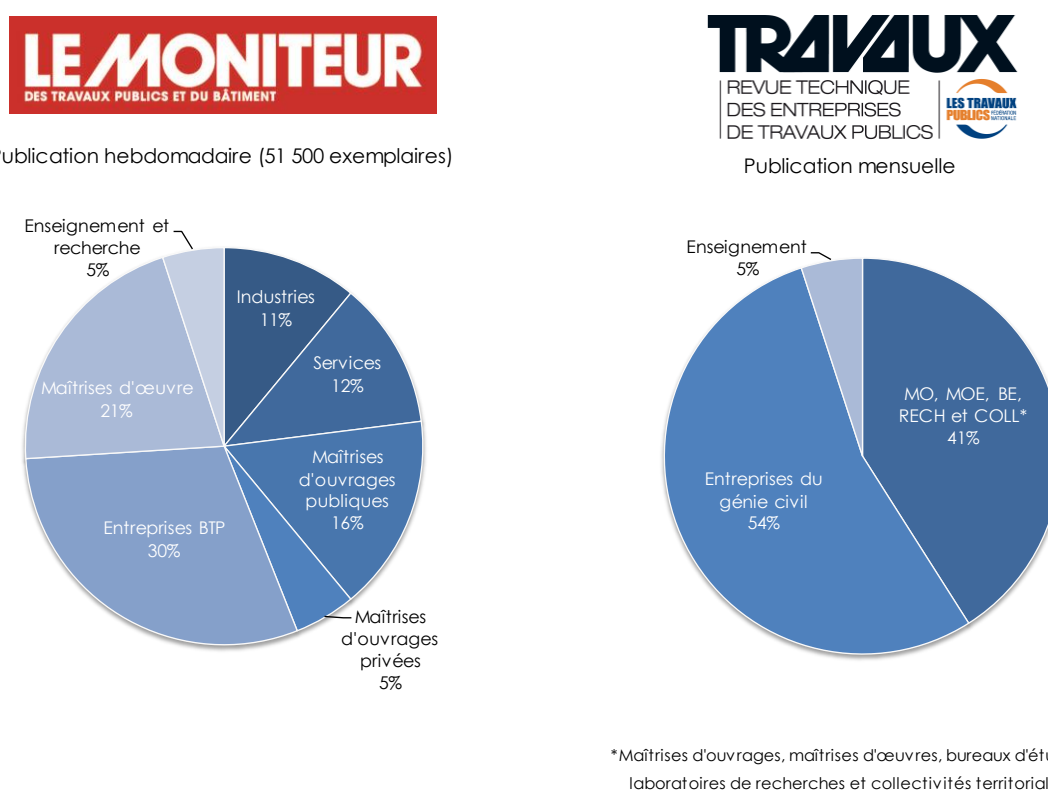


ILLUSTRATION 26 : LECTORATS DES REVUES « LE MONITEUR » ET « TRAVAUX »

68 articles relatifs aux projets nationaux sont inventoriés dans les deux revues sur la période 1994-2014 (49 dans « le Moniteur » et 19 dans « Travaux »). La banque d'articles est constituée progressivement au rythme moyen de 3 articles par an (cf. Illustration 27). Les années les plus prolifiques se caractérisent par la publication de plus de 5 articles (1998, 1999, 2001 et 2012).

Les articles peuvent être ordonnés en 3 catégories :

- ceux qui contribuent à la **visibilité du dispositif des projets nationaux** (les articles évoquent le dispositif, ses objectifs en citant plusieurs projets) ;

- ceux qui contribuent à la **visibilité des projets** (les articles se focalisent sur un projet pour le présenter sans en décrire les résultats) ;
- ceux qui contribuent à la **valorisation des résultats** des projets (les articles présentent les acquis d'un ou plusieurs projets).

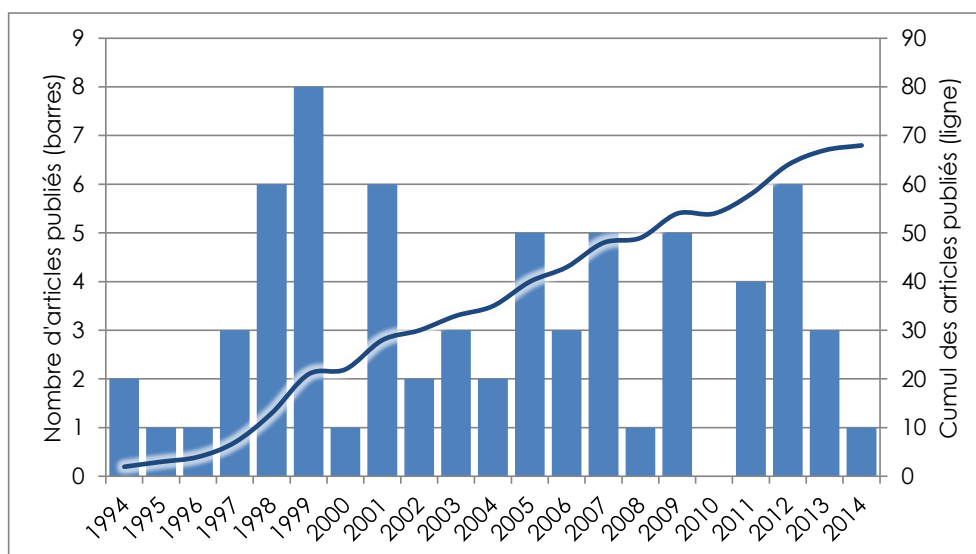


ILLUSTRATION 27 : DYNAMIQUE DE PUBLICATION D'ARTICLES SUR LES PROJETS NATIONAUX DANS LES REVUES « LE MONITEUR » ET « TRAVAUX »

Les articles publiés dans la revue « Travaux » se différencient de ceux du « Moniteur » ; ils sont dans leur quasi-totalité consacrés au dispositif des projets nationaux pris dans sa globalité (cf. Tableau 8). Par symétrie, les articles du « Moniteur » sont plus orientés projets (92% des articles) et 45% d'entre eux traitent des résultats obtenus.

Types d'articles	Le Moniteur	Travaux
Visibilité du dispositif des projets nationaux	8%	91%
Visibilité des projets	47%	6%
Valorisation des résultats des projets	45%	3%

TABEAU 8 : TYPOLOGIE DES ARTICLES PUBLIÉS DANS LES REVUES « LE MONITEUR » ET « TRAVAUX »

Le nombre d'articles publiés varie selon les projets (cf. Tableau 9). Les deux revues confondues, les projets les plus couverts sont BHP 2000 (19 articles), RERAU (12 articles), B@P, CLOUTERRE et BÉFIM (11 articles chacun). Pour la revue « le Moniteur », 3 projets font plus fréquemment l'objet de présentations : BHP 2000 (12 articles), B@P (8 articles) et ISI (7 articles). Bien qu'ils traitent davantage du dispositif que des projets pris individuellement, les articles de la revue « Travaux » les évoquent toutefois. Le palmarès des projets les plus cités dans les articles de « Travaux » est constitué de CLOUTERRE, MICROTUNNELS et RERAU (8 articles chacun).

Il est intéressant de comparer la cinétique de publication des articles avec le nombre de projets en cours (cf. Illustration 28). Cette comparaison permet de mettre en évidence des périodes de publications contrastées :



- peu d'articles sont publiés, relativement au nombre de projets en cours, sur la période 1994-1997, en 2000, de 2000 à 2004 et en 2008 ;
- de nombreux articles sont publiés, toujours selon la même comparaison, en 1998-1999, de 2005 à 2007, en 2009 et en 2011-2012.

	Nombre articles « le Moniteur »	Nombre articles « Travaux »	Total Nombre articles
ASIRI	2	3	5
B@P	8	3	11
BACARA		3	3
BÉFIM	4	7	11
BHP 2000	12	7	19
CALIBÉ	3	6	9
CÉOS.fr		1	1
CLÉ DE SOL	3	4	7
CLOUTERRE	3	8	11
CRITERRE	1	5	6
ÉRINOH	2	1	3
FABAC	1	5	6
FLORE		7	7
FOREVER		6	6
ISI	7	2	9
KRONOS		7	7
MICROTUNNELS	2	8	10
MIKTI	2	2	4
Méthode observationnelle	4	1	5
RERAU	4	8	12
S3		1	1
SOLCYP		1	1
TUBA		6	6
VIBROFONCAGE		2	2
VNB		4	4

TABLEAU 9 : NOMBRE D'ARTICLES PUBLIÉS PAR PROJETS DANS « LE MONITEUR » ET « TRAVAUX »

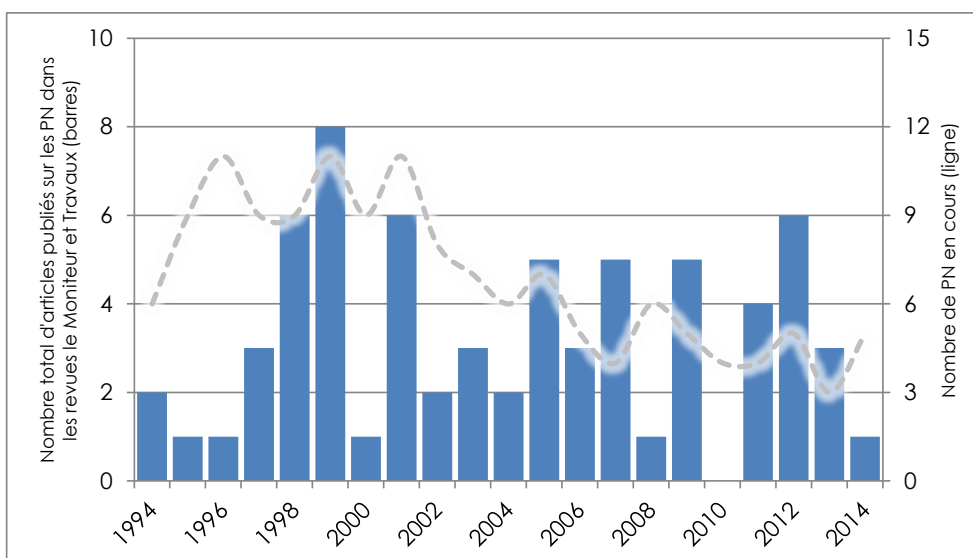


ILLUSTRATION 28 : COMPARAISON DES PUBLICATION D'ARTICLES AVEC LE NOMBRE DE PROJETS EN COURS

Les années 2007 et 2012 sont celles pour lesquelles le nombre d'articles publiés est le plus conséquent, au regard du nombre de projets en cours. En 2007, les 5 articles en question sont publiés dans « le Moniteur ». Ils concernent CLÉ DE SOL, ISI, B@P et la méthode observationnelle (2 publications). EN 2012, les 6 articles concernent CLOUTERRE, BHP 2000, MIKTI (2 articles), ASIRI et ISI.

### **14.3. L'ORGANISATION DE MANIFESTATIONS POUR LA PRÉSENTATION DES RÉSULTATS**

Des manifestations sont organisées dans le cadre des projets dans l'objectif de diffuser leurs résultats auprès des utilisateurs. La recherche d'information conduite dans le cadre de l'évaluation a permis de rassembler les listes des participants à 8 manifestations des projets ASIRI, CÉOS.fr, ÉRINOH, ISI et MIKTI ayant réuni plus de 850 participants de 2009 à 2013. Pour chacune de ces manifestations, les informations disponibles donnent accès au profil des participants (cf. Illustration 29).

Le bilan des fréquentations met en évidence que les manifestations réunissent les acteurs intéressés par les résultats des projets. La comparaison des effectifs des catégories de participants aux manifestations avec les effectifs des catégories de partenaires des projets montre un élargissement au-delà des partenaires dans une proportion qui reste malheureusement difficile à estimer.

### **14.4. LES THÈSES ET POST-DOCTORATS, UNE AUTRE VOIE DE VALORISATION DES RECHERCHES**

Ce nouvel angle d'analyse concerne la valorisation scientifique des résultats. En raison de l'importance des investigations à engager, il a été décidé de ne pas tenter un inventaire des publications scientifiques en sortie des projets nationaux.

Un inventaire des thèses et de post-doctorats a, en revanche, été engagé.

Les thèses et post-doctorats financés dans le cadre des projets sont une autre voie de valorisation des résultats. Ils contribuent à la formation de compétences liées aux recherches. Thésards et post-doctorants sont en capacité, au terme de leur contrat, de diffuser leurs acquis dans le cadre de leur trajectoire professionnelle et de leur parcours d'enseignement.

En raison de l'absence d'un inventaire des thèses et doctorats, une recherche d'information a été menée auprès des directeurs des projets nationaux. Cette démarche s'est malheureusement révélée infructueuse. Malgré plusieurs relances, les directeurs des projets n'ont pas été en mesure de répondre à la sollicitation. Dans les rares cas où ils l'ont fait, ils ont indiqué leur incapacité à apporter les informations attendues. Seul le directeur de CÉOS.fr a répondu à la sollicitation en précisant que 3 thèses et 7 post-doctorats avaient été effectués dans le cadre du projet.

Le document IREX sur les 20 ans de recherche appliquée et d'expérimentation en génie civil (cf. Illustration 3) apporte une indication du nombre de thèses encadrées dans le cadre des 25 projets :

- *B@P* : plusieurs thèses réalisées ;
- *VNB* : 26 thèses effectuées dans 11 laboratoires ;
- *ASIRI* : 9 thèses ;
- *FLORE* : 1 thèse ;
- *MICROTUNNELS* : 4 thèses.

Le bilan ainsi effectué reste à interpréter avec prudence par manque d'exhaustivité des informations rassemblées. Le bilan tel qu'il est présenté (6 projets se traduisant par une quarantaine de thèses et 7 post-doctorats) ne doit pas accréditer l'absence de robustesse scientifique des projets nationaux.

# Évaluation du dispositif des projets nationaux

## Données clés sur le dispositif des projets nationaux

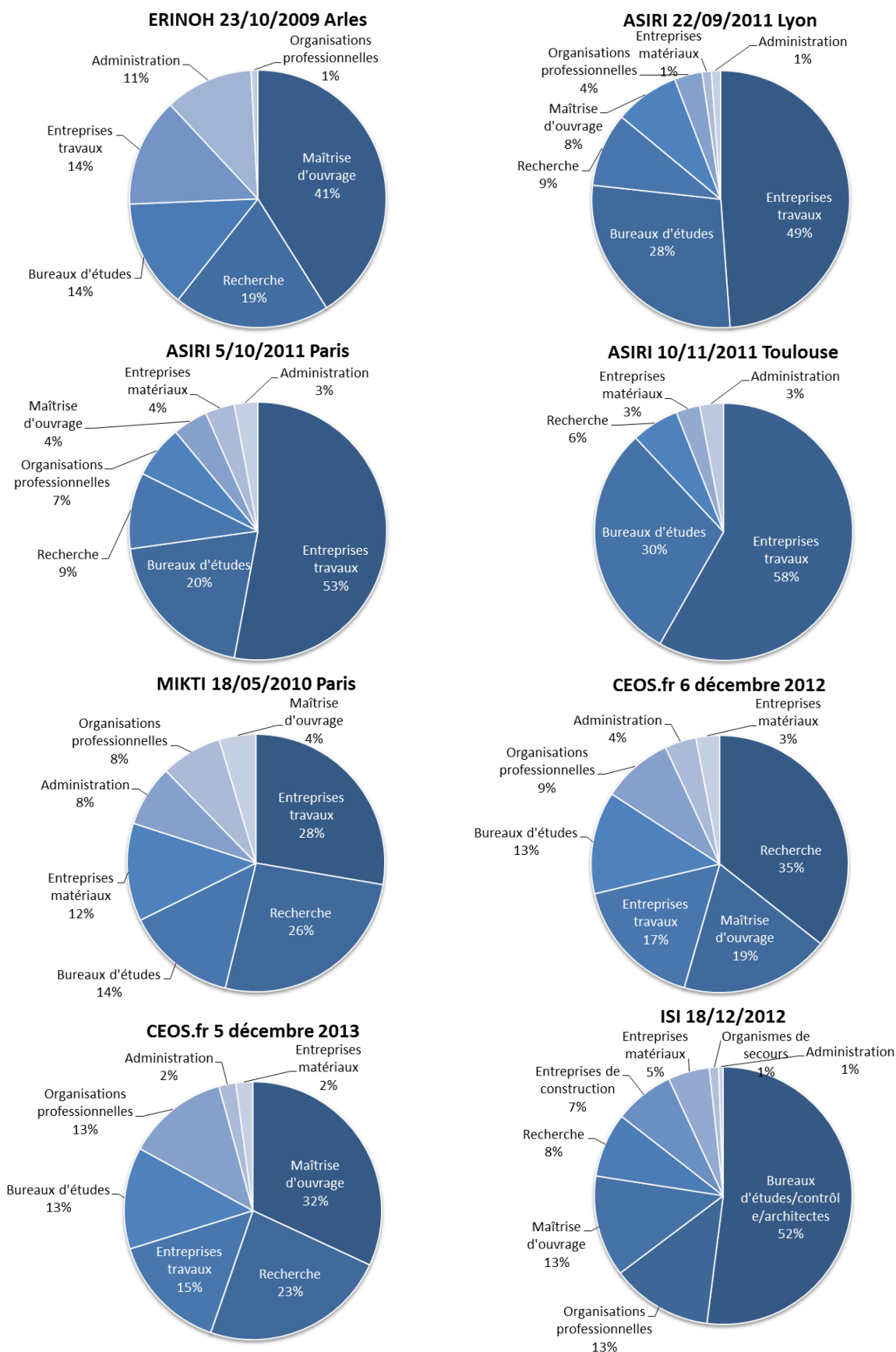


ILLUSTRATION 29 : FRÉQUENTATION DES MANIFESTATIONS DES PROJETS ASIRI, CÉOS.FR, ÉRINOH, ISI ET MIKTI

## RÉSULTATS DES ENQUÊTES

### 15. LES TROIS ENQUÊTES MISES EN PLACE POUR LES BESOINS DE L'ÉVALUATION

Trois enquêtes ont été réalisées pour recueillir avis et opinions sur le dispositif et compléter, auprès d'un panel élargi, les informations recueillies lors des entretiens individuels. Les 3 enquêtes ont permis de réunir les réponses de 494 personnes. Chacune des enquêtes a été effectuée par internet.

La première enquête, dite « enquête ciblée », a visé les parties prenantes des projets nationaux (acteurs de la communauté du génie civil impliqués de près ou de loin dans le dispositif). L'invitation à participer a été adressée à 179 personnes extraite de la base des contacts de l'IREX. L'enquête a été réalisée du 31 juillet au 3 septembre 2014.

La seconde enquête, dite « enquête de visibilité », réalisée du 1<sup>er</sup> août au 20 octobre 2014, a visé l'ensemble des acteurs de la communauté du génie civil prise au sens large de son acception (maîtrises d'ouvrages, maîtrises d'œuvre, ingénieries, entreprises du BTP et de la construction, recherche) avec l'objectif d'atteindre, à la différence de la précédente, des personnes extérieures au dispositif des projets nationaux. L'invitation à participer a été relayée par 10 organisations « tête de réseau » (permettant de toucher 3 400 personnes) :

- *Centre d'études et de recherches de l'industrie du béton (CERIB) ;*
- *Syndicat professionnel des entrepreneurs de chaussées en béton et d'équipements annexes (SPECBEA) ;*
- *Centre technique industriel de la construction métallique (CTICM) ;*
- *Association française des tunnels et de l'espace souterrain (AFTES) ;*
- *Comité français de mécanique des sols et de géotechnique (CFMS) ;*
- *Union des syndicats de l'industrie routière française (USIRF) ;*
- *Fédération des syndicats des professionnels de l'ingénierie (SYNTEC Ingénierie) ;*
- *Association universitaire de génie civil (AUGC) ;*
- *Institut des routes, des rues et des infrastructures pour la mobilité (IDRRIM) ;*
- *Association française de génie civil (AFGC).*

La troisième enquête a été organisée, en fin d'évaluation (du 28 octobre au 18 novembre 2014), pour remédier au manque de participation des collectivités locales aux deux enquêtes précédentes. L'invitation à participer à cette enquête a été relayée auprès des cadres et ingénieurs des collectivités territoriales par :

- *l'Association des directeurs des services techniques départementaux (ADSTD) ;*
- *l'Association des ingénieurs territoriaux de France (AITF).*

## 16. LES RÉPONSES À L'ENQUÊTE CIBLÉE

### 16.1. LE PARTI RETENU POUR LA PRÉSENTATION DES RÉSULTATS DE L'ENQUÊTE

L'enquête ciblée est structurée autour de 27 questions (15 questions à réponses fermées et 12 questions à réponses ouvertes). Une première série de questions porte sur l'identité des répondants (6 questions, 3 fermées et 3 ouvertes). Elles sont destinées à vérifier la représentativité et la robustesse des réponses (cf. §16.2). Les autres questions (21 questions dont 12 fermées et 9 ouvertes) s'intéressent au dispositif des projets nationaux. Les réponses aux questions fermées sont présentées dans le Tableau 10 (pages suivantes). Les réponses aux questions ouvertes, difficiles à synthétiser, sont prises en compte dans l'élaboration de l'argumentaire des constats évaluatifs (chapitre débutant à la page 76). Les réponses à deux questions ouvertes particulières (demandant de citer les points forts et les points faibles du dispositif) sont présentées dans le § 16.4.

### 16.2. LE PROFIL DES RÉPONDANTS

Le taux de participation à l'enquête est de 64% (114 réponses pour 179 personnes invitées). A l'exception des collectivités territoriales (une seule réponse enregistrée), les participants à l'enquête représentent, dans des proportions équilibrées et représentatives, toutes les catégories d'acteurs impliqués dans les projets nationaux :

- *bureaux d'études et ingénieries : 19% des réponses ;*
- *entreprises de travaux, de matériels et de matériaux : 18% des réponses ;*
- *maîtrises d'ouvrages (hors collectivités territoriales) : 11% des réponses ;*
- *organismes de recherche : 19% des réponses ;*
- *administrations et établissements publics : 16% des réponses ;*
- *organisations professionnelles : 10% des réponses.*

Les participants à l'enquête interviennent dans l'ensemble des domaines concernés par les projets nationaux :

- *ouvrages souterrains ;*
- *fondations et géotechnique ;*
- *constructions en béton (ponts, ouvrages de transport, ouvrages industriels et urbains, etc.) ;*
- *ouvrages hydrauliques.*

### 16.3. LES RÉPONSES AUX QUESTIONS FERMÉES

Évaluation du dispositif des projets nationaux  
Résultats des enquêtes

Questions de l'enquête ciblée		Réponses des participants à l'enquête ciblée																					
1	<b>Avez-vous ou êtes-vous impliqué(e) dans un ou plusieurs "projets nationaux" ?</b>	Ne se prononce pas	0	0,0%	<table border="1"> <caption>Réponses des participants à l'enquête ciblée (Question 1)</caption> <thead> <tr> <th>Réponse</th> <th>Nombre</th> <th>Pourcentage</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Ne se prononce pas</td> <td>0</td> <td>0,0%</td> </tr> <tr> <td>Oui, à l'étape des études préalables</td> <td>2</td> <td>1,8%</td> </tr> <tr> <td>Oui, comme partenaire</td> <td>41</td> <td>36,0%</td> </tr> <tr> <td>Oui, aux stades des études préalables et comme partenaire</td> <td>67</td> <td>58,8%</td> </tr> <tr> <td>Non</td> <td>4</td> <td>3,5%</td> </tr> </tbody> </table>	Réponse	Nombre	Pourcentage	Ne se prononce pas	0	0,0%	Oui, à l'étape des études préalables	2	1,8%	Oui, comme partenaire	41	36,0%	Oui, aux stades des études préalables et comme partenaire	67	58,8%	Non	4	3,5%
Réponse	Nombre	Pourcentage																					
Ne se prononce pas	0	0,0%																					
Oui, à l'étape des études préalables	2	1,8%																					
Oui, comme partenaire	41	36,0%																					
Oui, aux stades des études préalables et comme partenaire	67	58,8%																					
Non	4	3,5%																					
		Oui, à l'étape des études préalables	2	1,8%																			
		Oui, comme partenaire	41	36,0%																			
		Oui, aux stades des études préalables et comme partenaire	67	58,8%																			
		Non	4	3,5%																			
2	<b>Selon vous, les "projets nationaux" mobilisent-ils l'ensemble des acteurs de la chaîne de la construction ?</b>	Ne se prononce pas	6	5,3%	<table border="1"> <caption>Réponses des participants à l'enquête ciblée (Question 2)</caption> <thead> <tr> <th>Réponse</th> <th>Nombre</th> <th>Pourcentage</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Ne se prononce pas</td> <td>6</td> <td>5,3%</td> </tr> <tr> <td>Tout à fait</td> <td>34</td> <td>29,8%</td> </tr> <tr> <td>Plutôt oui</td> <td>66</td> <td>57,9%</td> </tr> <tr> <td>Plutôt non</td> <td>8</td> <td>7,0%</td> </tr> <tr> <td>Pas du tout</td> <td>0</td> <td>0,0%</td> </tr> </tbody> </table>	Réponse	Nombre	Pourcentage	Ne se prononce pas	6	5,3%	Tout à fait	34	29,8%	Plutôt oui	66	57,9%	Plutôt non	8	7,0%	Pas du tout	0	0,0%
Réponse	Nombre	Pourcentage																					
Ne se prononce pas	6	5,3%																					
Tout à fait	34	29,8%																					
Plutôt oui	66	57,9%																					
Plutôt non	8	7,0%																					
Pas du tout	0	0,0%																					
		Tout à fait	34	29,8%																			
		Plutôt oui	66	57,9%																			
		Plutôt non	8	7,0%																			
		Pas du tout	0	0,0%																			
3	<b>Comme partenaire de projet(s), avez-vous réalisé une (des) commandes pour l'IREX ?</b>	Ne se prononce pas	11	9,6%	<table border="1"> <caption>Réponses des participants à l'enquête ciblée (Question 3)</caption> <thead> <tr> <th>Réponse</th> <th>Nombre</th> <th>Pourcentage</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Ne se prononce pas</td> <td>11</td> <td>9,6%</td> </tr> <tr> <td>Oui, une commande</td> <td>15</td> <td>13,2%</td> </tr> <tr> <td>Oui, plusieurs commandes</td> <td>59</td> <td>51,8%</td> </tr> <tr> <td>Non</td> <td>29</td> <td>25,4%</td> </tr> </tbody> </table>	Réponse	Nombre	Pourcentage	Ne se prononce pas	11	9,6%	Oui, une commande	15	13,2%	Oui, plusieurs commandes	59	51,8%	Non	29	25,4%			
Réponse	Nombre	Pourcentage																					
Ne se prononce pas	11	9,6%																					
Oui, une commande	15	13,2%																					
Oui, plusieurs commandes	59	51,8%																					
Non	29	25,4%																					
		Oui, une commande	15	13,2%																			
		Oui, plusieurs commandes	59	51,8%																			
		Non	29	25,4%																			

Questions de l'enquête ciblée		Réponses des participants à l'enquête ciblée																					
4	<b>Selon vous, les "projets nationaux" permettent-ils une progression des connaissances scientifiques et techniques ?</b>	Ne se prononce pas	1	0,9%	<table border="1"> <caption>Réponses des participants à l'enquête ciblée (Question 4)</caption> <thead> <tr> <th>Réponse</th> <th>Nombre</th> <th>Pourcentage</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Ne se prononce pas</td> <td>1</td> <td>0,9%</td> </tr> <tr> <td>Tout à fait</td> <td>71</td> <td>62,3%</td> </tr> <tr> <td>Plutôt oui</td> <td>39</td> <td>34,2%</td> </tr> <tr> <td>Plutôt non</td> <td>3</td> <td>2,6%</td> </tr> <tr> <td>Pas du tout</td> <td>0</td> <td>0,0%</td> </tr> </tbody> </table>	Réponse	Nombre	Pourcentage	Ne se prononce pas	1	0,9%	Tout à fait	71	62,3%	Plutôt oui	39	34,2%	Plutôt non	3	2,6%	Pas du tout	0	0,0%
		Réponse	Nombre	Pourcentage																			
		Ne se prononce pas	1	0,9%																			
		Tout à fait	71	62,3%																			
		Plutôt oui	39	34,2%																			
Plutôt non	3	2,6%																					
Pas du tout	0	0,0%																					
Tout à fait	71	62,3%																					
Plutôt oui	39	34,2%																					
Plutôt non	3	2,6%																					
Pas du tout	0	0,0%																					
5	<b>Selon vous, les connaissances acquises sont-elles partagées par les partenaires du projet national ?</b>	Ne se prononce pas	5	4,4%	<table border="1"> <caption>Réponses des participants à l'enquête ciblée (Question 5)</caption> <thead> <tr> <th>Réponse</th> <th>Nombre</th> <th>Pourcentage</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Ne se prononce pas</td> <td>5</td> <td>4,4%</td> </tr> <tr> <td>Tout à fait</td> <td>50</td> <td>43,9%</td> </tr> <tr> <td>Plutôt oui</td> <td>57</td> <td>50,0%</td> </tr> <tr> <td>Plutôt non</td> <td>1</td> <td>0,9%</td> </tr> <tr> <td>Pas du tout</td> <td>1</td> <td>0,9%</td> </tr> </tbody> </table>	Réponse	Nombre	Pourcentage	Ne se prononce pas	5	4,4%	Tout à fait	50	43,9%	Plutôt oui	57	50,0%	Plutôt non	1	0,9%	Pas du tout	1	0,9%
		Réponse	Nombre	Pourcentage																			
		Ne se prononce pas	5	4,4%																			
		Tout à fait	50	43,9%																			
		Plutôt oui	57	50,0%																			
Plutôt non	1	0,9%																					
Pas du tout	1	0,9%																					
Tout à fait	50	43,9%																					
Plutôt oui	57	50,0%																					
Plutôt non	1	0,9%																					
Pas du tout	1	0,9%																					
6	<b>Selon vous, les connaissances acquises sont-elles partagées par la communauté des acteurs de la construction (au-delà des partenaires) ?</b>	Ne se prononce pas	13	11,4%	<table border="1"> <caption>Réponses des participants à l'enquête ciblée (Question 6)</caption> <thead> <tr> <th>Réponse</th> <th>Nombre</th> <th>Pourcentage</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Ne se prononce pas</td> <td>13</td> <td>11,4%</td> </tr> <tr> <td>Tout à fait</td> <td>16</td> <td>14,0%</td> </tr> <tr> <td>Plutôt oui</td> <td>67</td> <td>58,8%</td> </tr> <tr> <td>Plutôt non</td> <td>18</td> <td>15,8%</td> </tr> <tr> <td>Pas du tout</td> <td>0</td> <td>0,0%</td> </tr> </tbody> </table>	Réponse	Nombre	Pourcentage	Ne se prononce pas	13	11,4%	Tout à fait	16	14,0%	Plutôt oui	67	58,8%	Plutôt non	18	15,8%	Pas du tout	0	0,0%
		Réponse	Nombre	Pourcentage																			
		Ne se prononce pas	13	11,4%																			
		Tout à fait	16	14,0%																			
		Plutôt oui	67	58,8%																			
Plutôt non	18	15,8%																					
Pas du tout	0	0,0%																					
Tout à fait	16	14,0%																					
Plutôt oui	67	58,8%																					
Plutôt non	18	15,8%																					
Pas du tout	0	0,0%																					



Questions de l'enquête ciblée		Réponses des participants à l'enquête ciblée																					
7	<b>Selon vous les résultats des "projets nationaux" se traduisent-ils dans les normes et les réglementations ?</b>	Ne se prononce pas	27	23,7%	<table border="1"> <caption>Réponses des participants à l'enquête ciblée (Question 7)</caption> <thead> <tr> <th>Réponse</th> <th>Nombre</th> <th>Pourcentage</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Ne se prononce pas</td> <td>27</td> <td>23,7%</td> </tr> <tr> <td>Tout à fait</td> <td>18</td> <td>15,8%</td> </tr> <tr> <td>Plutôt oui</td> <td>53</td> <td>46,5%</td> </tr> <tr> <td>Plutôt non</td> <td>16</td> <td>14,0%</td> </tr> <tr> <td>Pas du tout</td> <td>0</td> <td>0,0%</td> </tr> </tbody> </table>	Réponse	Nombre	Pourcentage	Ne se prononce pas	27	23,7%	Tout à fait	18	15,8%	Plutôt oui	53	46,5%	Plutôt non	16	14,0%	Pas du tout	0	0,0%
Réponse	Nombre	Pourcentage																					
Ne se prononce pas	27	23,7%																					
Tout à fait	18	15,8%																					
Plutôt oui	53	46,5%																					
Plutôt non	16	14,0%																					
Pas du tout	0	0,0%																					
		Tout à fait	18	15,8%																			
		Plutôt oui	53	46,5%																			
		Plutôt non	16	14,0%																			
		Pas du tout	0	0,0%																			
8	<b>Selon-vous, les "projets nationaux" permettent-ils l'obtention d'un socle commun de doctrines (principes et règles constituant l'état de l'art) ?</b>	Ne se prononce pas	10	8,8%	<table border="1"> <caption>Réponses des participants à l'enquête ciblée (Question 8)</caption> <thead> <tr> <th>Réponse</th> <th>Nombre</th> <th>Pourcentage</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Ne se prononce pas</td> <td>10</td> <td>8,8%</td> </tr> <tr> <td>Tout à fait</td> <td>37</td> <td>32,5%</td> </tr> <tr> <td>Plutôt oui</td> <td>65</td> <td>57,0%</td> </tr> <tr> <td>Plutôt non</td> <td>2</td> <td>1,8%</td> </tr> <tr> <td>Pas du tout</td> <td>0</td> <td>0,0%</td> </tr> </tbody> </table>	Réponse	Nombre	Pourcentage	Ne se prononce pas	10	8,8%	Tout à fait	37	32,5%	Plutôt oui	65	57,0%	Plutôt non	2	1,8%	Pas du tout	0	0,0%
Réponse	Nombre	Pourcentage																					
Ne se prononce pas	10	8,8%																					
Tout à fait	37	32,5%																					
Plutôt oui	65	57,0%																					
Plutôt non	2	1,8%																					
Pas du tout	0	0,0%																					
		Tout à fait	37	32,5%																			
		Plutôt oui	65	57,0%																			
		Plutôt non	2	1,8%																			
		Pas du tout	0	0,0%																			
9	<b>Selon-vous, le cadre collaboratif se traduit-il par l'émergence de partenariats durables au terme des projets ?</b>	Ne se prononce pas	21	18,4%	<table border="1"> <caption>Réponses des participants à l'enquête ciblée (Question 9)</caption> <thead> <tr> <th>Réponse</th> <th>Nombre</th> <th>Pourcentage</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Ne se prononce pas</td> <td>21</td> <td>18,4%</td> </tr> <tr> <td>Tout à fait</td> <td>19</td> <td>16,7%</td> </tr> <tr> <td>Plutôt oui</td> <td>58</td> <td>50,9%</td> </tr> <tr> <td>Plutôt non</td> <td>15</td> <td>13,2%</td> </tr> <tr> <td>Pas du tout</td> <td>1</td> <td>0,9%</td> </tr> </tbody> </table>	Réponse	Nombre	Pourcentage	Ne se prononce pas	21	18,4%	Tout à fait	19	16,7%	Plutôt oui	58	50,9%	Plutôt non	15	13,2%	Pas du tout	1	0,9%
Réponse	Nombre	Pourcentage																					
Ne se prononce pas	21	18,4%																					
Tout à fait	19	16,7%																					
Plutôt oui	58	50,9%																					
Plutôt non	15	13,2%																					
Pas du tout	1	0,9%																					
		Tout à fait	19	16,7%																			
		Plutôt oui	58	50,9%																			
		Plutôt non	15	13,2%																			
		Pas du tout	1	0,9%																			

Évaluation du dispositif des projets nationaux  
Résultats des enquêtes

Questions de l'enquête ciblée		Réponses des participants à l'enquête ciblée			
10	<b>Selon-vous, le schéma organisationnel adossé au dispositif (IREX, RGC&amp;U, études d'opportunité, de faisabilité et de montage) vous semble-t-il cohérent ?</b>	Ne se prononce pas	13	11,4%	
		Tout à fait	28	24,6%	
		Plutôt oui	65	57,0%	
		Plutôt non	8	7,0%	
		Pas du tout	0	0,0%	
11	<b>Quelle appréciation globale portez-vous sur le dispositif des "projets nationaux" ?</b>	Ne se prononce pas	6	5,3%	
		Très positive	51	44,7%	
		Positive	55	48,2%	
		Négative	2	1,8%	
		Très négative	0	0,0%	
12	<b>Jugez-vous souhaitable de poursuivre et de pérenniser le dispositif des "projets nationaux" ?</b>	Ne se prononce pas	8	7,0%	
		Tout à fait	105	92,1%	
		Plutôt oui	1	0,9%	
		Plutôt non	0	0,0%	
		Pas du tout	0	0,0%	

TABLEAU 10 : RÉPONSES AUX QUESTIONS DE L'ENQUÊTE CIBLÉE

## 16.4. LA PERCEPTION DES POINTS FORTS ET DES POINTS FAIBLES DU DISPOSITIF

Les participants à l'enquête ciblée sont interrogés sur les points forts et les points faibles des projets nationaux. Ils sont invités pour cela à citer 3 mots décrivant, à leurs yeux, les forces et les faiblesses du dispositif.

S'agissant des points forts, 83 personnes répondent à la question ouverte (sur un total de 114 répondants, soit 73% des participants).

Plus de 100 mots différents sont utilisés (cf. Illustration 30). 58 mots sont cités à une seule reprise (soit 58% du total).

Trois mots sont évoqués à plus de 10 reprises :

- *collaboratif* : 20 fois (soit 24% des répondants à la question) ;
- *partager* : 17 fois (soit 20% des répondants à la question) ;
- *innovant* : 13 fois (soit 16% des répondants à la question).

S'agissant des points faibles, 74 personnes répondent à la question ouverte (sur un total de 114 répondants, soit 65% des participants). Les personnes qui participent à l'enquête s'expriment donc plus facilement sur les points forts du dispositif.

58 mots différents sont utilisés (cf. Illustration 31). 39 mots, soit plus des deux-tiers, sont cités à une seule reprise. La diversité des mots retenus pour évoquer les points faibles est réduite en comparaison aux points forts.

Comme dans le cas des points forts, 3 mots sont cités à plus de 10 reprises :

- *financement* : 21 fois (soit près d'un répondant sur trois) ;
- *lent* : 12 fois (soit 16% des répondants à la question) ;
- *lourd* : 11 fois (soit 15% des répondants à la question).



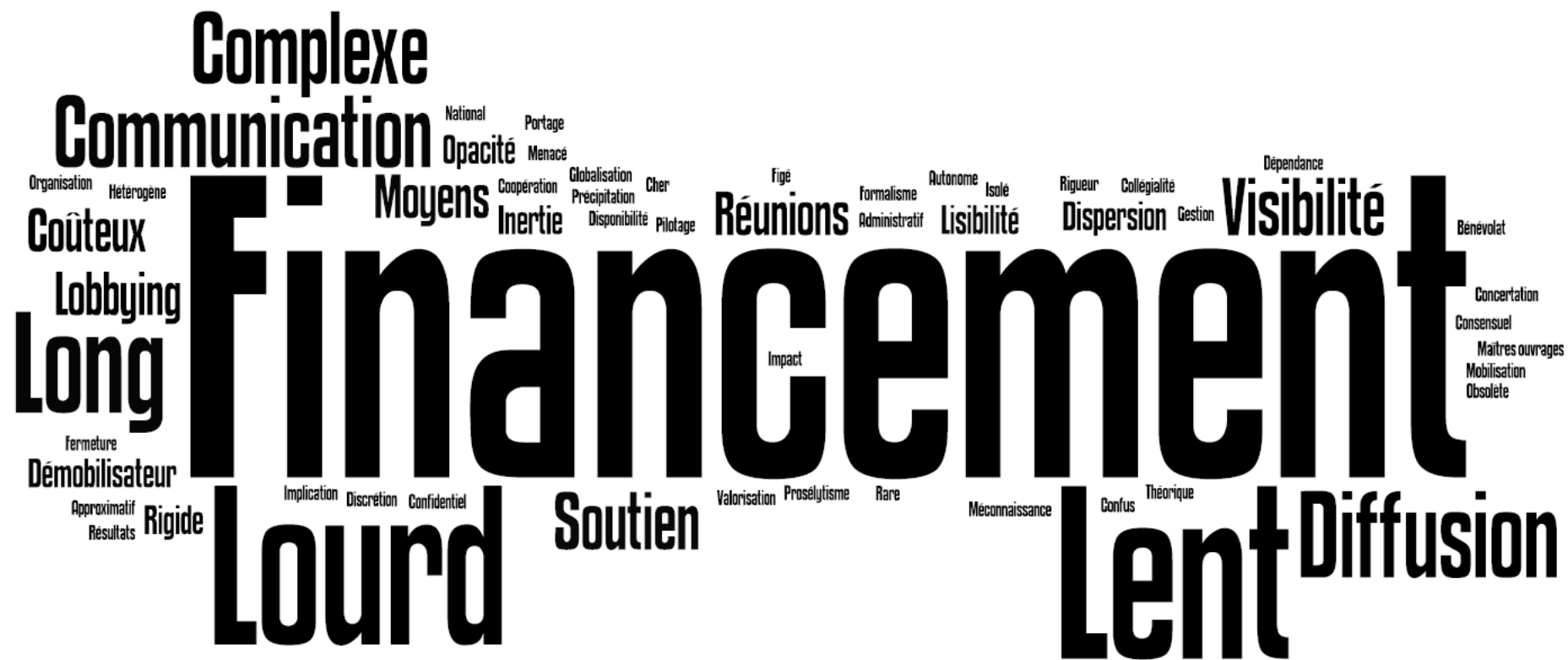


ILLUSTRATION 31 : LES POINTS FAIBLES DES PROJETS NATIONAUX VUS PAR LES PARTICIPANTS À L'ENQUÊTE CIBLÉE

## 17. LES RÉSULTATS DE L'ENQUÊTE DE VISIBILITÉ

### 17.1. LE PROFIL DES RÉPONDANTS

Le taux de participation à l'enquête est estimé à 10% (341 réponses enregistrées pour une population cible jaugée à 3 400 personnes).

Trois catégories d'acteurs représentent 75% des réponses à l'enquête de visibilité :

- *bureaux d'études et ingénierie : 31% des réponses ;*
- *organismes de recherche : 23% des réponses ;*
- *entreprises de travaux : 21% des réponses.*

Les autres réponses émanent de représentants des entreprises de matériaux et d'équipements, des maîtrises d'ouvrages publiques (EDF, SNCF, RATP, etc.), des organisations professionnelles et des administrations. Comme dans le cas de l'enquête ciblée, le profil des répondants se caractérise par l'absence de réponses des collectivités territoriales.

Les répondants à l'enquête sont représentatifs de l'ensemble des métiers et disciplines en lien avec les projets nationaux : construction béton, fondations et géotechnique, procédés de construction, etc.

### 17.2. DES PROJETS NATIONAUX CONNUS PAR 60% DES RÉPONDANTS À L'ENQUÊTE

La première question de l'enquête interroge sur la connaissance des projets nationaux. 60% des répondants (205 réponses sur les 341) déclarent connaître le dispositif. Le niveau de connaissance est variable selon les catégories de répondants :

- *il est le plus important chez les représentants des organismes de recherche (83%) ;*
- *il est moins marqué chez les représentants des bureaux d'études et ingénieries (55%), maîtrises d'ouvrages publiques (50%), entreprises de travaux (44%) et entreprises de matériaux et équipements (39%).*

L'examen approfondi des réponses montre que le dispositif jouit d'une visibilité hétérogène au sein de mêmes structures, de surcroît partenaires de plusieurs projets nationaux. Cinq représentants des sociétés Vinci et Eiffage participent à l'enquête ; dans les deux cas, 60% d'entre eux indiquent connaître les projets nationaux tandis que 40% répondent l'inverse. Cette situation est également vérifiée avec les représentants de plusieurs autres entreprises Arcadis, Egis, Razel Bec, BET Taylor, EDF, Lafarge, Soletanche Bachy, etc.

**Les résultats présentés ci-après se limitent aux 205 participants ayant répondu connaître le dispositif des projets nationaux.**

### 17.3. DES RÉPONDANTS QUI CONNAISSENT LES PROJETS NATIONAUX SANS Y AVOIR PARTICIPÉ

Deux questions cherchent à identifier l'origine de la connaissance des projets nationaux.

Une première question interroge les répondants sur leur participation aux étapes amont des projets (études d'opportunité, de faisabilité et de montage). Une majorité des répondants, 56%, indique ne pas avoir été impliquée lors des étapes d'émergence des projets.

Une seconde question interroge les répondants sur leur implication comme partenaires de projets. Une majorité des répondants, 51%, indique avoir participé à un ou plusieurs projets nationaux comme partenaires.

Les réponses négatives aux deux questions concernent 84 répondants. 41% des participants déclarent donc connaître le dispositif sans s'y être impliqués.

### 17.4. UNE CONNAISSANCE DU DISPOSITIF PLUS IMPORTANTE QUE CELLE DES PROJETS QUI LE CONSTITUENT

La mesure du degré de connaissance des projets nationaux est obtenue en demandant aux répondants de qualifier, sur une échelle allant de 0 à 5, leur connaissance du dispositif d'une part et des 10 projets retenus parmi les 25 (cf. liste page 21) d'autre part.

S'agissant du degré de connaissance du dispositif (cf. Illustration 32, graphique de gauche), 60% des répondants à la question (121 personnes) situent leur connaissance à une valeur égale ou supérieure à trois. Ils ne sont que 2% (4 répondants) à la positionner à la valeur zéro.

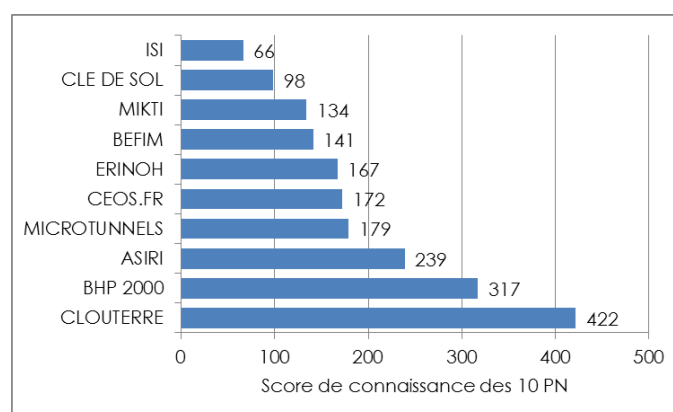
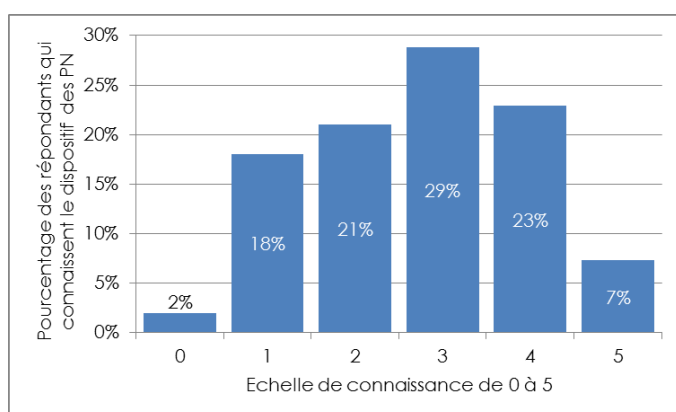


ILLUSTRATION 32 : INDICATEURS DE MESURE DE LA CONNAISSANCE DU DISPOSITIF ET DES PROJETS (ENQUÊTE DE VISIBILITÉ)

S'agissant du degré de connaissance des 10 projets, un score est calculé en sommant les réponses individuelles sur l'échelle de 0 à 5. Ainsi calculée, la connaissance d'un projet est maximale pour un score de  $5 \times 205 = 1\,025$ . Les scores calculés varient selon une fourchette de 1 à 6. Le degré de connaissance le plus

élevé est obtenu par CLOUTERRE avec un résultat de 422, soit 42% du score maximal (cf. Illustration 32, graphique de droite). Le projet qui bénéficie de la visibilité la plus faible, score égal à 66, est ISI avec 6% du score maximal.

En dehors de CLOUTERRE, les projets qui jouissent de la connaissance la plus forte sont ASIRI et BHP 2000. Inversement, MIKTI et CLÉ DE SOL accompagnent ISI pour constituer la catégorie des projets pour lesquels le degré de connaissance est le plus faible. Il est important de signaler que le classement des projets par degré de connaissance n'est pas corrélé à leur ancienneté. La notoriété des projets dépend de la nature des résultats qu'ils produisent et de leur utilité immédiate pour les acteurs du génie civil.

Une question de l'enquête de visibilité demande aux répondants de citer des projets en dehors des 10 évoqués par l'enquête. 38 autres projets sont cités (cf. Illustration 33). Ils correspondent à 4 catégories :

- *des projets nationaux terminés : 15, soit 39% ;*
- *des projets nationaux en cours : 6, soit 16% ;*
- *des projets nationaux émergents : 5, soit 13% ;*
- *des projets qui ne sont pas des projets nationaux : 12, soit 32%.*

Près du tiers des projets cités ne sont pas des projets nationaux. Une confusion existe donc entre les différents dispositifs de soutien à la recherche en génie civil.

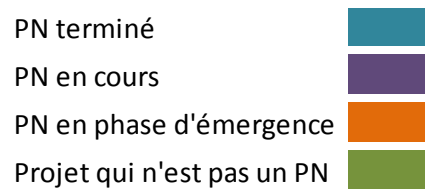
Les projets les plus fréquemment cités sont :

- *pour les anciens projets nationaux : B@P (15 occurrences), FOREVER (12) et CALIBÉ (7) ;*
- *pour les projets nationaux en cours : RECYBÉTON (27), VILLE 10D (14), MURE et SOLCYP (6) ;*
- *pour les projets nationaux émergents : PERFDUB (8), ARSCOP et GEDI (5) ;*
- *pour les projets qui ne sont pas des projets nationaux : ORTHOPLUS (5) et RUFEX (2). ORTHOPLUS est un projet ANR et RUFEX un projet labélisé par le pôle de compétitivité Advancity.*





ILLUSTRATION 33 : PROJETS CITÉS PAR LES RÉPONDANTS À L'ENQUÊTE DE VISIBILITÉ



## 17.5. DES PROJETS NATIONAUX PERÇUS COMME PORTEURS DE RÉSULTATS, NOTAMMENT EN TERMES DE PRODUCTION DE CONNAISSANCES

Les participants à l'enquête sont également interrogés sur les résultats apportés par les projets nationaux.

Une large majorité des répondants, 60% (soit 124 personnes) indiquent que les projets produisent des résultats. 28% des répondants pensent quant à eux que les projets n'apportent pas de résultats et 12% ne savent pas répondre à la question.

S'agissant des résultats produits, 5 types sont proposés aux personnes interrogées en leur demandant si elles estiment, ou non, qu'ils correspondent aux résultats produits par les projets :

- *nouvelles connaissances* ;
- *nouveaux matériaux* ;
- *référentiels techniques* ;
- *outils de modélisation* ;
- *normes*.

La production de nouvelles connaissances fait consensus (cf. Illustration 34). 93% des répondants estiment qu'il s'agit bien d'un des résultats apportés par les projets nationaux. La production normative en sortie des projets est moins évidente, mais reste toutefois perçue, par 57% des personnes, comme un résultat acquis.

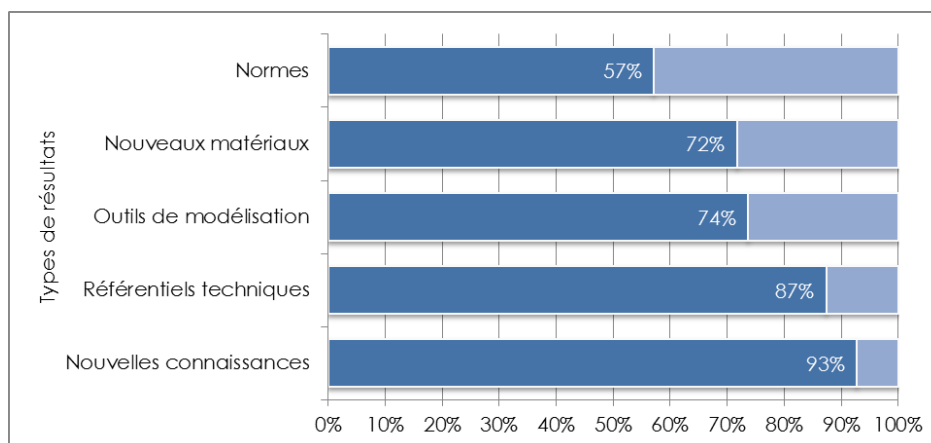


ILLUSTRATION 34 : APPRÉCIATION DES RÉSULTATS DES PROJETS PAR LES RÉPONDANTS À L'ENQUÊTE DE VISIBILITÉ

## 18. LES RÉSULTATS DE L'ENQUÊTE AUPRÈS DES COLLECTIVITÉS TERRITORIALES

### 18.1. LE PROFIL DES RÉPONDANTS

Afin de remédier à l'absence de réponses des collectivités territoriales dans le cadre des deux autres enquêtes, il a été décidé de les interroger spécifiquement au

moyen du questionnaire de visibilité diffusé par l'intermédiaire de deux associations de cadres et d'ingénieurs de la fonction publique territoriale.

Le nombre de destinataires de l'invitation à participer à l'enquête n'est pas connu. 39 réponses ont été enregistrées. Elles proviennent :

- *majoritairement de Conseils généraux : 54% (21 réponses) ;*
- *d'intercommunalités : 26% (10 réponses) ;*
- *de communes : 18% (7 réponses) ;*
- *d'un Conseil régional : 2%.*

## **18.2. DES PROJETS NATIONAUX MÉCONNUS DES COLLECTIVITÉS**

A la question relative à la connaissance du dispositif, 85% des répondants (33 personnes sur 39) indiquent ne pas connaître les projets nationaux.

Parmi les 6 personnes qui répondent connaître le dispositif, elles sont 4 (les deux-tiers) à ne pas l'avoir fréquenté lors des études amont et comme partenaires.

La mesure du degré de connaissance du dispositif (cf. § 17.4 pour explication de la méthode) reste faible chez les 6 personnes qui déclarent le connaître. Sur l'échelle s'étageant de 0 à 5, elles sont 4 à situer leur niveau de connaissance à la valeur 1. Seules 2 personnes se situent sur des valeurs plus élevées : une à 3 et une autre à 4.

La méconnaissance concerne également les résultats apportés par les projets nationaux. Les deux-tiers des personnes qui connaissent le dispositif indiquent qu'il n'est pas associé à des résultats.

# CONSTATS ISSUS DE L'ANALYSE ÉVALUATIVE

## 19. CONSIDÉRATIONS PRÉALABLES À L'ÉNUMÉRATION DES CONSTATS

### 19.1. LE GÉNIE CIVIL AU SENS DES PROJETS NATIONAUX

Les projets nationaux sont historiquement associés au génie civil. Il convient de préciser le champ de ce dernier afin de mesurer l'étendue des activités, des expertises et des disciplines couvertes par le dispositif.

Le terme de génie civil, associé à la définition des projets nationaux, doit être compris dans sa définition la plus large. Laquelle correspond à la conception, à l'exécution, à la gestion et à l'entretien d'ouvrages, d'aménagements et d'équipements publics ou privés du territoire :

- *infrastructures de transport ;*
- *fondations et ouvrages souterrains ;*
- *réseaux, ouvrages de gestion et de protection de l'environnement ;*
- *équipements de production et de transport de l'énergie ;*
- *ouvrages hydrauliques ;*
- *gros œuvre des bâtiments, des constructions urbaines et industrielles.*

**Ainsi défini, le génie civil, au sens des projets nationaux, recoupe pour partie des compétences des travaux publics, du bâtiment et de l'aménagement.**

### 19.2. LA JUSTIFICATION DES CONSTATS D'ÉVALUATION

Les constats d'évaluation énoncés ci-après émanent de la synthèse, du rapprochement et du recoupement des informations rassemblées (lors de l'analyse documentaire, dans le cadre des enquêtes, à l'occasion des entretiens).

Afin de distinguer faits et opinions, et ainsi éviter l'écueil d'un usage inapproprié de certaines informations, les constats reprennent les analyses jugées les plus solides, notamment parce qu'elles correspondent à des faisceaux d'indices convergents.

Les constats présentés sont structurés en écho au questionnement ministériel. Ils correspondent à un examen neutre et indépendant du dispositif évalué ; ils n'engagent que leurs auteurs.

## **20. UN DISPOSITIF QUI RASSEMBLE LES ACTEURS DU GÉNIE CIVIL MAIS QUI RESTE PEU MOBILISATEUR POUR LES COLLECTIVITÉS TERRITORIALES**

### **20.1. UN DISPOSITIF QUI RÉUSSIT LA RÉUNION DES ACTEURS DU GÉNIE CIVIL**

Les 25 projets examinés dans le cadre de l'évaluation mobilisent un total de 417 structures (cf. § 9.1) représentatives des acteurs concernés par le génie civil (maîtres d'ouvrages, entreprises, organismes de recherche, organisations professionnelles, administrations).

Les données rassemblées sur les projets mettent en évidence (cf. Tableau 2) :

- *qu'en nombre de structures mobilisées, les entreprises sont les partenaires les plus actifs dans les projets nationaux ;*
- *que tous les projets réunissent des organismes de recherches ;*
- *que les organisations professionnelles comptent parmi les partenaires qui s'impliquent le plus souvent dans plusieurs projets (au même titre, d'ailleurs, que les entreprises de travaux, les maîtrises d'ouvrages publiques et les organismes de recherches).*

L'enquête « ciblée » interroge ses participants sur la capacité du dispositif à mobiliser largement les parties prenantes du génie civil (cf. question 2 du Tableau 10). Le résultat est sans équivoque et confirme les constats ci-dessus : 87,7% des répondants estiment que les projets nationaux mobilisent l'ensemble des acteurs du génie civil.

### **20.2. UNE CAPACITÉ DE MOBILISATION DES PROJETS FONCTION DES ENJEUX QU'ILS TRAITENT**

La représentativité des acteurs du génie civil dans les projets nationaux ne doit pas être considérée comme une réponse à un modèle standard où toutes les catégories de partenaires seraient représentées dans chacun des projets. Il n'y a pas d'évidences en la matière. Dans les faits, l'implication des acteurs n'est pas figée et correspond davantage à une logique où les projets réussissent à mobiliser, à un moment donné et en fonction de leurs caractéristiques, les compétences pertinentes, disponibles et suffisamment informées pour connaître le dispositif.

Les projets nationaux réunissent des acteurs représentatifs des métiers mobilisables en réponse aux problèmes techniques ou scientifiques posés. Selon les enjeux qu'ils traitent, les sujets auxquels ils s'intéressent et les réponses qu'ils cherchent à apporter, les projets sont de nature à capter et mobiliser un nombre plus ou moins important de partenaires.

## 20.3. DES MOTIVATIONS DIFFÉRENTES POUR S'IMPLIQUER DANS LES PROJETS

### DES MOTIVATIONS QUI VARIENT SELON LES PARTENAIRES

Les avis et opinions recueillis au cours des entretiens soulignent la diversité des motivations à s'impliquer dans les projets nationaux.

S'agissant des entreprises, les motivations sont différentes selon leur taille.

La participation des grands groupes aux projets nationaux est récurrente, probablement parce qu'ils disposent des moyens humains pour un tel investissement en temps. Les entretiens révèlent que cette participation relève d'une logique de veille et d'investissement pour l'avenir. Sans doute leurs motivations vont-elles au-delà de cette raison affichée ; ces autres raisons n'ont pas été évoquées lors des entretiens.

La stratégie est sensiblement différente pour les PME qui peuvent chercher à :

- *rester de simples observatrices, cotisant alors aux projets nationaux pour rester informées ;*
- *voir dans les projets nationaux une occasion de faire connaître leurs savoir-faire, leurs produits ou leurs services. C'est notamment le cas des PME très spécialisées qui ont un intérêt évident à participer aux projets pour faire connaître leurs activités ;*
- *envisager les projets nationaux comme un support de financement de thèses et de post-doctorants.*

Pour les organismes de recherche, les projets nationaux sont de nature à procurer différents avantages :

- *élargissement de leur réseau de partenaires ;*
- *possibilité d'investir de nouveaux sujets ;*
- *accès à de nouvelles sources de financement des recherches.*

Pour les entreprises publiques, les éléments moteurs pour s'engager sont également spécifiques. La participation d'EDF, par exemple, est motivée par les enjeux associés aux métiers de l'entreprise : ainsi, dans le domaine nucléaire, l'intérêt pour le projet BHP 2000 fait écho aux exigences croissantes en matière de sûreté des infrastructures de confinement. Dans le domaine hydraulique, EDF a jugé pertinent de s'investir dans les recherches de BACARA et d'ÉRINOH pour enrichir son éventail de solutions technologiques en appui à la conception et à l'entretien de ses ouvrages.

La nature plus ou moins transversale des projets est un autre élément de nature à provoquer une participation plus ou moins large des acteurs du génie civil. Ainsi, un sujet généraliste, orienté sur des problématiques d'actualité, saura capter plus facilement un large panel de partenaires qu'un sujet plus technique dont l'assise reposera sur un cercle d'initiés moins large.

Dans certains cas, la participation aux projets n'est motivée que par le seul désir d'être présent aux côtés des concurrents, suivant une stratégie de veille évoquée plus haut, sans réelle volonté d'apporter une plus-value technique. Les partenaires se contentent alors de cotiser et de participer aux réunions. De telles situations contribuent à la multiplication des partenaires des projets avec, comme corollaire, un accroissement des moyens et de l'énergie nécessaires à l'animation des équipes associées.

### ***UNE PARTICIPATION ÉGALEMENT CONDITIONNÉE PAR LA CONJONCTURE ÉCONOMIQUE***

Dans le cas des entreprises, la mobilisation dans les projets dépend également du contexte économique. En situation de marché atone, certaines d'entre elles peuvent décider de s'investir dans un projet en raison d'un plan de charge moins contraint tandis que d'autres, plus vulnérables, peuvent choisir de retarder leur participation au motif que leurs dépenses annexes doivent être maîtrisées.

### ***L'AVANTAGE DE DÉTENIR LES RÉSULTATS AVEC UN TEMPS D'AVANCE***

Les entretiens sont l'occasion d'entendre, à plusieurs reprises, que l'un des intérêts premiers à s'impliquer dans les projets est celui d'avoir la possibilité de prendre part aux débats sur des sujets à enjeux pour les métiers du génie civil.

C'est ensuite l'opportunité d'être présent au cœur des recherches, d'en détenir la primeur des résultats et ainsi de bénéficier d'une certaine avance sur la concurrence (les résultats des projets sont diffusés, généralement, une année après leur obtention). Au-delà des résultats, c'est enfin pouvoir disposer d'un enrichissement technique issu des échanges avec les autres partenaires tout au long de la durée de vie des projets.

Il est à noter que les bénéfices de la participation aux projets nationaux restent toutefois limités dans le temps. Passé un délai, estimé à un an et demi par les personnes rencontrées, l'ensemble des acteurs de la filière du génie civil est en mesure de s'approprier les résultats diffusés et de les utiliser.

## **20.4. DES COLLECTIVITÉS TERRITORIALES ABSENTES DES PROJETS LORSQU'ILS NE CONCERNENT PAS LEURS RESPONSABILITÉS**

### ***LE CONSTAT DE LA FAIBLE PARTICIPATION DES COLLECTIVITÉS TERRITORIALES***

Plusieurs des indicateurs descriptifs de la dynamique de participation aux projets nationaux mettent nettement en évidence la faible participation des collectivités territoriales.

Si la proportion des maîtrises d'ouvrages, 20% des participants (cf. Illustration 10), paraît satisfaisante, elle nécessite d'être précisée. Deux catégories de maîtrises d'ouvrages doivent être distinguées :

- *les établissements et les entreprises publics d'une part ;*
- *les collectivités territoriales d'autre part.*

Les collectivités territoriales ne représentent que 9% des partenaires des projets.

Les résultats des enquêtes confortent ce constat. L'enquête « ciblée », tout comme l'enquête de visibilité, ne parviennent pas à recueillir de réponses des collectivités (cf. § 16.1 et 17.1). L'enquête menée auprès des collectivités met en évidence que 85% d'entre elles ne connaissent pas le dispositif (cf. § 18.2).

Lorsqu'elles s'impliquent dans un projet national, les collectivités réitèrent cette collaboration dans le cadre d'un autre projet pour uniquement 5% d'entre elles (cf. Illustration 12).

Les collectivités territoriales interviennent dans un projet sur cinq (cf. Illustration 11) et 90% d'entre elles se sont seulement impliquées dans les projets CLÉ DE SOL et RERAU (s'intéressant respectivement aux galeries multi-réseaux et à la réhabilitation des réseaux d'assainissement urbain).

### **LES RAISONS DE LA FAIBLE IMPLICATION DES COLLECTIVITÉS TERRITORIALES**

Les entretiens effectués dans le cadre de l'évaluation permettent de rassembler les éléments explicatifs de la faible adhésion des collectivités territoriales aux projets nationaux et de leur éloignement du dispositif.

La première raison de cet éloignement concerne la dimension temporelle des projets nationaux. Leur durée (6 années en moyenne hors durée des études préalables) peut apparaître, aux yeux de certains élus, comme difficilement compatible avec celle de leur mandat. Il convient toutefois de nuancer cette assertion car il existe, au sein des collectivités, une administration, et en particulier des directions techniques, plus ouvertes à une implication de leurs structures sur le long terme.

Le fonctionnement des marchés publics est un autre élément explicatif de la distance des collectivités territoriales. D'abord parce que les projets nationaux, générant de la proximité avec les entreprises, peuvent être perçus comme un risque de collusion contraire aux principes du code des marchés publics en matière de non distorsion des jeux de concurrence. Ensuite parce que les CCTP écrits par les maîtrises d'ouvrages publiques, en formalisant leurs objectifs et leur cadre technique, ne laissent que peu de place à l'innovation apportée par les projets nationaux.

Bien que non évoqué explicitement lors des entretiens, le manque de moyens, humains ou financiers, mobilisables par les collectivités pour participer au montage ou au suivi de ce type de projets collaboratifs est probablement un autre important facteur expliquant la faible implication de ces dernières.



Enfin, les projets nationaux n'ont pas vocation à répondre, de manière systématique, à des enjeux d'intérêt direct pour les collectivités. Si elles ont un rôle à jouer dans le dispositif global en tant que chef d'orchestre et maître d'ouvrage de l'aménagement de leurs territoires, elles ne sont pas nécessairement appelées à s'impliquer dans tous les projets.

### **DES LEVIERS POUR MOBILISER LES COLLECTIVITÉS TERRITORIALES**

Lorsqu'ils concernent directement l'exercice de leurs responsabilités, et/ou peuvent leur apporter une utilité dans le cadre de leurs fonctions de maîtrise d'ouvrages, les projets nationaux sont susceptibles de mobiliser les collectivités territoriales. Elles peuvent également être intéressées par le dispositif lorsque les projets présentent l'opportunité d'un développement, sur la base d'innovations techniques, du tissu économique local.

A titre d'exemple, le projet CLÉ DE SOL, parce qu'il visait le développement de connaissances dans le champ des réglementations concernant les collectivités et qu'il plaçait la question de l'intégration des différents droits associés aux galeries multiréseaux (droit d'usage des réseaux, droit du domaine public, droit des marchés) au centre des travaux menés, a fortement mobilisé les collectivités. Le projet a ainsi donné lieu à la publication d'un guide technique à l'usage des maires, levant en particulier une série de contre-intuitions en matière de conception, de gestion et d'exploitation des galeries multiréseaux.

## **21. DES PARTENAIRES QUI S'IMPLIQUENT À DES DEGRÉS DIVERS**

Les constats qui viennent d'être portés sur la diversité et la représentativité des partenaires des projets doivent être complétés par une analyse de leur implication respective dans les projets. Cette analyse est effectuée en examinant les données relatives aux cotisations et aux commandes.

Les informations rassemblées sur les cotisations (cf. § 10.3) démontrent que les principaux contributeurs aux projets sont les catégories d'acteurs les plus directement concernées par les résultats. Les organismes de recherche, malgré leur représentation importante, contribuent peu au volume total des cotisations rassemblées en raison des faibles valeurs de T qui leurs sont associées.

L'examen des données descriptives des commandes passées apporte un autre angle d'analyse de l'implication des partenaires dans les projets (cf. § 11.3 et 11.4). Les commandes sont susceptibles de concerner tous les partenaires. Dans les faits, certaines catégories de partenaires sont davantage sollicitées :

- *pour de nombreux projets, une majorité de partenaires (plus de la moitié dans plusieurs cas) ne participe à aucune commande ;*
- *les commandes concernent en priorité les organismes de recherche.*

L'examen du rapport entre montant des dépenses et montant des commandes complète l'analyse de l'implication des acteurs en la décrivant sous la forme du consentement des partenaires à investir dans les projets. L'agrégation des données sur les cotisations et sur les commandes (cf. § 11.5) révèle principalement que les entreprises de matériaux et d'équipements, comme celles de travaux, sont les partenaires qui investissent financièrement le plus dans les projets nationaux. L'investissement est moins important (toujours en termes d'effet multiplicateur) pour les bureaux d'études et ingénieries, ainsi que pour les organismes de recherche.

Le schéma d'implication des partenaires qui vient d'être décrit démontre la mécanique en place avec les projets nationaux : les acteurs du génie civil les plus concernés par les résultats des projets s'y investissent financièrement par l'intermédiaire de cotisations. Ces ressources, complétées par un abondement ministériel, permettent de passer des commandes qui ciblent fréquemment les organismes de recherche, lesquels font bénéficier, en retour, à l'ensemble des partenaires (et aux entreprises en particulier), des connaissances et savoir-faire acquis au travers de ces commandes. A noter que, dans une faible proportion (5%), ces mêmes ressources permettent le financement de la rémunération de l'IREX, gestionnaire et animateur du dispositif (cf. Illustration 16).

En dehors des quelques principes récurrents qui viennent d'être énoncés, l'analyse révèle que les implications des partenaires varient sensiblement d'un projet à un autre. La dynamique scientifique et technique des partenariats dépend des besoins en matière d'études, d'essais et d'expérimentations sur les chantiers.

Il est enfin important de ne pas oublier qu'avant même le lancement officiel des recherches, les partenaires se mobilisent également pour mener à bien les études préalables indispensables à la démonstration de la pertinence des projets.

## **22. UN DISPOSITIF QUI IMPACTE LES COOPÉRATIONS ENTRE ACTEURS DU GÉNIE CIVIL**

### **22.1. DES PROJETS QUI PROCURENT UN RAPPROCHEMENT DES MÉTIERS DU GÉNIE CIVIL**

Les commentaires émis lors des entretiens convergent pour reconnaître l'impact de la dimension partenariale des recherches sur la communauté des acteurs du génie civil :

- *les projets catalysent des coopérations qui aident à un apprentissage du travail en commun ;*
- *le rapprochement des différentes catégories d'acteurs tisse des liens entre des structures qui n'étaient pas amenées à se rencontrer :*
  - *bureaux d'études et chercheurs,*
  - *administrations et entreprises ;*

- *les partenariats constitués contribuent à l'émergence d'un vivier d'experts dans les domaines de spécialisation associés aux thématiques des projets ;*
- *les partenaires sont amenés à confronter leurs méthodes ;*
- *les méthodes de travail partagées se répandent au-delà de leurs périmètres habituels.*

Au terme des projets, les partenariats n'ont en théorie pas vocation à perdurer en tant que tels. Étant donné que les liens établis le sont dans une communauté où le nombre d'acteurs est limité, les projets nationaux concourent, dans ce paysage, à une pérennisation de certaines associations. Les partenaires qui ont appris à se connaître, à travailler ensemble, à produire des résultats et à les partager peuvent à nouveau se réunir à l'occasion de nouveaux projets de recherche collaborative, de réponses à des appels d'offres, etc. A titre d'exemple, le projet CÉOS.fr a contribué au rapprochement de l'Institut national polytechnique de Grenoble (INPG) et d'EDF, lesquels ont ensuite réuni leur expertise au sein de la structure Pérenity. Autre exemple spécifique, au terme du projet BHP 2000, la société Oxand a poursuivi son partenariat avec un laboratoire de recherche universitaire.

L'enquête « ciblée » corrobore ce constat de pérennité des partenariats au-delà du temps des projets nationaux (cf. question 9 du Tableau 10). Plus des deux-tiers des répondants (67,6%) estiment que le cadre collaboratif des projets nationaux se traduit par l'émergence de partenariats durables au terme des projets.

Les données rassemblées permettent de mesurer la pérennité des partenariats en s'intéressant aux acteurs qui, au terme d'un projet, renouvellent leur engagement dans une nouvelle coopération (cf. § 9.3). Globalement, 121 structures participent à plusieurs projets nationaux (soit plus de 30% du total des structures mobilisées).

L'analyse catégorielle révèle :

- *des entreprises qui renouvellent souvent leurs engagements (33% des bureaux d'études et 42% des entreprises de travaux participent à plusieurs projets). Cette proportion n'est que de 23% chez les entreprises de matériaux et d'équipements (probablement parce qu'elles sont moins impliquées dans les projets) ;*
- *des institutions publiques au sens large (services de l'État, établissements publics et collectivités territoriales) qui, contrairement aux entreprises, renouvellent moins leurs engagements dans un nouveau projet. Seules 10% des administrations et 5% des collectivités territoriales le font (proportion à relier au constat que 2 projets nationaux ont réuni plus de 90% des collectivités engagées dans le dispositif) ;*
- *des organismes de recherche et des organisations professionnelles qui se réinvestissent, après une première participation, dans de nouveaux projets pour respectivement 40% et 36% d'entre eux.*

## **22.2. DES PROJETS QUI OUVERT LA COMMUNAUTÉ DU GÉNIE CIVIL À D'AUTRES MÉTIERS**

Les constats précédents soulignent la présence, dans les équipages des projets, des acteurs habituels du génie civil. Au-delà de cette mobilisation, les projets nationaux ont réussi à s'ouvrir à de nouveaux acteurs malgré les freins en la matière :

- *cultures différentes ;*
- *partage moins évident des résultats.*

Les projets nationaux ont su démontrer leur capacité à aller recruter des partenaires au-delà du périmètre des disciplines du génie civil. L'intégration de ces nouveaux acteurs est d'autant plus facile qu'ils apportent des compétences spécifiques aux projets. Ces acteurs extérieurs n'interviennent le plus souvent pas sur la durée des projets mais ponctuellement, au coup par coup, en fonction des questions posées.

Plusieurs exemples témoignent de cet élargissement des compétences :

- *le projet VNB a bénéficié des apports de chimistes lors de la recherche de formulations défloculantes ;*
- *le projet CÉOS.fr s'est adjoint l'expertise de spécialistes de l'imagerie numérique ;*
- *le projet CLOUTERRE a vu la participation d'économistes chargés de l'évaluation des gains financiers apportés par le clouage des sols en comparaison aux solutions techniques préexistantes ;*
- *le projet ÉRINOH a mobilisé des experts de la fibre optique utilisée comme moyen de détection des variations de températures, révélatrices des désordres à l'origine des risques de rupture ;*
- *le projet MINnD fait intervenir des informaticiens spécialistes des interfaces logicielles ;*
- *le projet ISI a intégré la participation de services de secours.*

Cette ouverture à des acteurs extérieurs au génie civil est une contribution à l'évolution des métiers, des produits et des services. Elle renvoie au sujet de la visibilité du dispositif. Pour mobiliser de nouvelles compétences, il est nécessaire de développer une visibilité qui dépasse les cercles des partenaires habituels des domaines du génie civil.

## **23. UNE REPRÉSENTATIVITÉ DES ACTEURS QUI NE DOIT PAS OCCULTER QUE CERTAINS SUJETS ONT ÉTÉ MOINS COUVERTS QUE D'AUTRES**

Plusieurs des personnes rencontrées dans le cadre des entretiens signalent que certains sujets ont été moins traités que d'autres.

Le domaine du génie urbain (reliant les disciplines du génie civil avec celles du bâtiment) est cité à plusieurs reprises comme insuffisamment traité dans le cadre des projets nationaux. Ces avis ne doivent cependant pas perdre de vue que la pertinence de telles thématiques reste contemporaine (en raison de l'évolution des villes et de leurs équilibres avec les zones péri-urbaines) et que le sujet était moins évident au démarrage du dispositif qu'il ne l'est aujourd'hui.

Malgré la montée en puissance des nouvelles préoccupations du développement durable à l'occasion du Grenelle de l'environnement, les projets n'intègrent que très peu de représentants des disciplines associées à l'environnement et aux sciences humaines et sociales.

Peu de recherches ont été menées dans le cadre des projets nationaux sur l'acceptabilité des chantiers de génie civil alors que les habitants et les riverains sont concernés dans leur vie quotidienne par des projets qui les impactent dans leur organisation (perturbations durant les phases de travaux et modifications des services et des usages des espaces publics).

## 24. DES PROJETS NATIONAUX PORTEURS DE RÉSULTATS

### 24.1. DES PROJETS NATIONAUX UNANIMEMENT PERÇUS COMME PORTEURS DE RÉSULTATS

Par l'intermédiaire de différentes questions, les enquêtes s'intéressent aux résultats apportés par les projets nationaux.

Dans le cas de l'enquête « ciblée », menée auprès de personnes actives dans les projets nationaux, les trois questions relatives aux résultats (questions 4, 7 et 8 du Tableau 10) recueillent une très large majorité de réponses positives quant aux résultats produits :

- 96,5% des répondants estiment que les projets nationaux permettent une progression des connaissances scientifiques et techniques ;
- 62,3% des répondants estiment que les projets nationaux se traduisent dans les normes ;
- 89,5% des répondants estiment que les projets nationaux permettent l'obtention d'un socle commun de principes et de règles constituant l'état de l'art.

S'agissant de l'enquête de visibilité, qui, au-delà des partenaires des projets, a su mobiliser 41% de répondants extérieurs au dispositif, la perception positive vis-à-vis des résultats est également marquée (cf. § 17.5) :

- 60% des répondants indiquent que les projets nationaux produisent des résultats ;

- *parmi les résultats les plus régulièrement cités comme des acquis des projets, figurent les nouvelles connaissances, en tête, suivies par les référentiels techniques et les outils de modélisation.*

## **24.2. DES EXEMPLES DE NOUVELLES CONNAISSANCES ACQUISES AU TERME DES PROJETS**

Les entretiens et les enquêtes apportent des informations illustrant la diversité des résultats obtenus au terme des projets. Quelques exemples sont présentés ci-après selon une approche qui ne cherche pas l'exhaustivité. En conséquence, le lecteur pourra logiquement identifier d'autres résultats.

### ***DANS LE CAS DES PROJETS "MATÉRIAUX"***

VNB (1985-1990) est un projet ancien dont les avancées, susceptibles d'avoir été oubliées, méritent d'être rappelées. Avant le projet, l'aptitude d'un béton traditionnel à être mis en œuvre, son ouvrabilité, nécessitait plus d'eau que la chimie interne du matériau n'en consommait. Cette eau excédentaire migrait dans le béton en provoquant la formation d'un réseau de microfissures. Le programme a apporté des résultats probants en termes de réduction de la consommation d'eau nécessaire à la fabrication et à la mise en œuvre du béton, avec des bénéfices en matière de propriétés mécaniques. Les connaissances apportées par VNB procurent ainsi des bétons :

- *dont la résistance mécanique augmente (passage de 40 MPa à 60 MPa, puis à 80 MPa) ;*
- *dont les propriétés de résistance physique apparaissent plus rapidement (de l'ordre de quelques heures contre plusieurs jours pour les bétons formulés avant VNB) ;*
- *plus fluides, facilitant la mise en œuvre des ouvrages complexes, notamment par pompage ;*
- *limitant les consommations d'eau.*

Dans le sillage des avancées permises par VNB, le projet BHP 2000 (1995-2003) a validé le comportement sur le long terme des bétons à haute performance. BHP 2000 a facilité la diffusion en France des bétons hautes performances et très hautes performances par transfert des résultats de la recherche au milieu professionnel.

En parallèle aux acquis en termes de résistance physique, B@P (2001-2006) a procuré des résultats significatifs sur la formulation des mélanges et l'utilisation d'adjuvants favorisant la thixotropie des bétons (capacité des mélanges à se transformer en liquides dans lesquels les particules sont en suspension). B@P a également contribué à établir les lois gouvernant la poussée des bétons sur les coffrages (apport primordial dans le cas de bétonnage en grande hauteur). De nouvelles perspectives s'ouvraient alors en matière de conception et de mise en œuvre avec la possibilité d'appliquer les bétons à la verticale. Le projet a ainsi procuré des bénéfices sociaux

et sanitaires sur les chantiers par suppression des étapes de vibration, diminution de la pénibilité, réduction des accidents.

Dans le prolongement des projets qui viennent d'être cités et au moyen d'une expérimentation spécifique, d'échanges internationaux et d'un travail de modélisation avancé, le projet CÉOS.fr (2008-2012) :

- *a apporté des éléments de connaissance sur la fissuration des ouvrages massifs en béton armé (dont la compréhension des phénomènes d'amorçage des fissures au jeune âge dans des pièces massives) ;*
- *a mis en lumière les limites des codes modèles actuels et leur manque de précision ;*
- *a proposé de nouveaux codes pour la conception des ouvrages massifs (centrales nucléaires en particulier).*

#### **DANS LE CAS DES PROJETS "GÉOTECHNIQUE ET FONDATIONS"**

Avant le projet CLOUTERRE (1986-1990), les bureaux d'études en géotechnique manquaient de méthodes pour dimensionner les parois clouées. En témoigne l'effondrement d'un projet d'extension de la gare du Nord à Paris, ayant eu pour conséquence de ternir l'image d'efficacité de la technique de clouage des sols en France. Le projet CLOUTERRE a pu remédier à ces carences en apportant une méthode de dimensionnement. Avec de nouvelles bases de calcul et des recommandations robustes, le clouage des sols réapparaissait alors comme une solution intéressante.

CLOUTERRE n'a pas été le seul projet porteur d'avancées en matière de renforcement des sols :

- *TUBA (1993-1996) a abouti à des solutions techniques nouvelles pour le battage des pieux ;*
- *FOREVER (1993-2001) a apporté des avancées significatives dans les méthodes de calcul des réseaux de micropieux.*

A partir d'un état de l'art des connaissances antérieures, le projet ASIRI (2005-2012) a prolongé et complété les recherches en géotechnique et fondations avec de nouvelles connaissances sur les phénomènes physiques en jeu dans le renforcement des sols et le développement de méthodes de dimensionnement pour la mise en œuvre d'inclusions rigides. Les recommandations d'ASIRI constituent désormais le document scientifique le plus abouti en France sur les méthodes de renforcement des sols par inclusions rigides.

SOLCYP (2009-2015) permet de comprendre le comportement des fondations sous l'effet de contraintes cycliques et des interactions sol-pieux. Il débouche sur de nouvelles méthodes de calcul, identifie les situations où une nouvelle approche est nécessaire et définit les règles de prise en compte des charges et des dimensionnements.

### ***DANS LE CAS DES PROJETS "PROCÉDÉS DE CONSTRUCTION"***

Le projet BACARA (1988-1996) a permis l'écriture de recommandations pour la mise en œuvre du béton compacté au rouleau dans le cadre de la construction des barrages. Ces résultats ont ensuite profité aux acteurs de la route et des digues.

Le projet MIKTI (2001-2006) a renouvelé les connaissances sur la conception et l'inspection des ponts mixtes au moyen :

- *d'essais de poinçonnement ;*
- *d'études d'ancrage de précontrainte de dalles en béton fibré renforcé à ultra haute performance.*

### ***DANS LE CAS DES PROJETS "RÉHABILITATION ET MAINTENANCE"***

Le projet ÉRINOH (2007-2012) a apporté des résultats ciblés par catégories d'acteurs permettant de mieux connaître les processus d'érosion interne des ouvrages hydrauliques en terre, leur caractérisation en laboratoire, leur détection sur les ouvrages réels :

- *pour les bureaux d'études, un guide d'évaluation des risques qui apporte des conseils pour les revues de sûreté, les études de danger et les études de réfection ;*
- *pour les maîtres d'œuvres et d'ouvrages, une méthode de détermination des zones de faiblesses dans les ouvrages hydrauliques ;*
- *pour les chercheurs, un panorama des appareillages existants avec présentation de l'utilisation des capteurs pour la mesure de la turbidité des eaux (élément de compréhension des phénomènes d'érosion) ;*
- *pour l'administration, une base de données qui recense environ 300 incidents d'ouvrages hydrauliques en France et à l'étranger.*

Le projet S3 (2007-2011) s'est concrétisé par un corpus documentaire, largement accessible, permettant de partager les enjeux et méthodes sur la surveillance structurale des ouvrages.

### ***DANS LE CAS DES PROJETS "DÉVELOPPEMENT DURABLE"***

Le projet CLÉ DE SOL (1999-2005) a produit notamment des contrats types de concession selon les modes de gestion et les occupants des galeries multi-réseaux.

Le projet CALIBÉ (1996-2001) a permis de mieux comprendre les mécanismes de pompabilité des bétons.

## **24.3. DES EXEMPLES D'OUVRAGES UTILISANT DES BÉTONS OBJETS DES RECHERCHES DES PROJETS NATIONAUX**

La revue « Béton[s] le Magazine » s'intéresse à l'actualité technique et économique du secteur du béton sous l'angle du gros œuvre dans les domaines du bâtiment, des travaux publics et du génie civil.



Une recherche des articles publiés dans « Béton[s] le Magazine » et décrivant des ouvrages mis en œuvre avec des bétons hautes performances, des bétons auto-plaçants ou des bétons fibrés a été effectuée (cf. Tableau 11). Les articles ont été retenus dès lors que leur date de publication était postérieure à la date de fin des projets nationaux s'intéressant à ces trois types de bétons (BHP 2000 , B@P et BÉFIM).

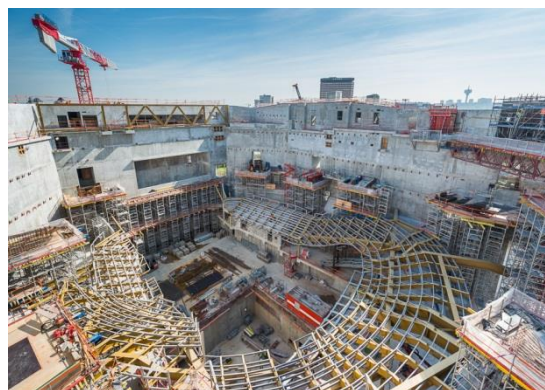
Sans qu'il soit possible d'affirmer avec certitude que les chantiers aient véritablement utilisé les résultats des projets, cet inventaire met en évidence des ouvrages utilisant des bétons qui ont mobilisé les partenaires des recherches.

Type de bétons	Ouvrage	Année de mise en œuvre
<b>Auto-plaçants</b>	École d'architecture de Paris Val de Seine	2006
	Unité de nitrification à Achères 10% du total des bétons, soit 15 000 m <sup>3</sup>	2006
	Centre dramatique national de Montreuil-sous-Bois	2006
	Médiathèque de Gentilly Béton C 30/37 à C 40/50	2006
	Hôpital d'Amiens Béton C 25/30 « bas bilan carbone »	2011
	Réacteur de recherche nucléaire de Cadarache Béton C 40/50	2011
	Département des Arts de l'Islam du musée du Louvre	2012
	Barrage de la Pannecièrre Béton C 30/37 pour la réalisation des contre-coques en pied de barrage	2012
	Philharmonie de Paris	2013
	Tour D2 à la Défense Béton C 50/60 pour le noyau central et les fondations	2013
<b>Hautes performances</b>	Terminal méthanier de Fos-sur-Mer Béton C50/60	2006
	Viaduc de la Colagne (autoroute A75) 9 000 m <sup>3</sup> de Béton C 60/75	2006
	Tour T1 de la Défense 15 000 m <sup>3</sup> de béton C 60/75 pour le noyau Béton C 80/95 pour les poteaux périphériques	2007
	Viaduc des trois bassins sur l'île de la Réunion Béton C 60/75 pour le tablier	2007
	Tour CM-CGM à Marseille Béton C 60/75 pour les poteaux périphériques inclinés	2008
	Pont de Térenez Béton C 60/75 pour les pylônes en Y inversé et pour le tablier haubané courbe	2009
	Tour First à la Défense Béton C 60/75 pour la réhabilitation de la tour	2009
	Centrale EPR de Flamanville Quatre variantes « climatiques » de béton C 60/75	2010
	Siège de l'IFSTAR à Marne-la-Vallée Béton C 80/95 pour la dalle d'essai du laboratoire	2012
<b>Fibrés</b>	Tunnel de Boccognano Béton projeté pour assurer le confortement	2008

TABLEAU 11 : OUVRAGES UTILISANT DES BÉTONS HAUTES PERFORMANCES, AUTO-PLAÇANTS ET FIBRÉS  
(SOURCE « BÉTON[S] LE MAGAZINE », 2014)



Tour T1 à la Défense



Philharmonie de Paris



Barrage de la Pannecière



Tour CM-CGM à Marseille



Pont de Térenez



Tunnel de Boccognano

ILLUSTRATION 35 : EXEMPLES D'OUVRAGES UTILISANT DES BÉTONS HAUTES PERFORMANCES, AUTO-PLAÇANTS ET FIBRÉS  
(SOURCE « BÉTON[S] LE MAGAZINE », 2014)

## **24.4. DES PROJETS NATIONAUX QUI INFLUENCENT LES NORMES**

Les réponses aux questions ouvertes de l'enquête « ciblée » renseignent sur les apports normatifs des projets nationaux. Préalablement à leur énumération, il convient de préciser la définition des normes et de les positionner vis-à-vis du para-normatif et de la réglementation.

### ***DU PARA-NORMATIF À LA RÉGLEMENTATION EN PASSANT PAR LES NORMES***

Le para-normatif rassemble des procédures situées en amont des référentiels normatifs : ensemble de recommandations et de méthodes aux caractéristiques clairement définies, reconnues et partagées par les acteurs, qui deviennent des références et peuvent servir à modifier ou à créer une norme.

Les normes correspondent à un ensemble de références (solutions techniques concernant des produits et des services) relevant des acteurs du marché et au caractère volontaire. Les normes sont produites par des organismes spécialistes en la matière, mais doivent être acceptées par l'ensemble de la profession à laquelle elles s'adressent. S'y conformer n'est pas une obligation. Elles traduisent les règles à suivre dans un objectif de satisfaction d'un niveau de qualité et de sécurité reconnu et approuvé. La norme peut, après reprise par les autorités publiques, évoluer et prendre un caractère réglementaire.

La réglementation relève des pouvoirs publics et entre dans le cadre de la législation. Elle est l'expression d'une loi, d'un décret, d'un arrêté émanant d'une autorité administrative. Son application est imposée. La réglementation définit les caractéristiques obligatoires et les exigences à atteindre.

### ***LES RETOMBÉES NORMATIVES DANS LE CAS DES PROJETS "MATÉRIAUX"***

Les codes de calcul établis dans les années 1980 pour la prise en compte de bétons à 40 MPa ont évolué sous l'influence des résultats du projet BHP 2000 (1995-2003), ce qui a eu pour conséquence indirecte de faire évoluer la réglementation en la matière. Le projet ayant permis le développement de bétons dont la résistance progresse de 60 à 80 MPa, les règles du béton armé aux états limites (BAEL) et du béton précontraint aux états limites (BPEL) progressent en conséquence, tout comme les Eurocodes concernés (extension des caractéristiques jusqu'à 80 - 100 MPa). Le projet s'est également traduit par des évolutions du cahier des clauses techniques générales (CCTG) sur les BHP (fascicule 65).

Le projet CÉOS.fr (2008-2012) est lancé suite au constat de l'inadaptation des Eurocodes aux ouvrages massifs. Son objectif était de proposer une évolution de l'Eurocode 2 et/ou du code modèle de la fédération internationale du béton. Le calendrier de CÉOS.fr a été synchronisé avec celui de la révision décennale des Eurocodes, de telle sorte que les résultats matures du projet puissent y être pris en compte. Un « workshop », organisé en mars 2014, a été l'occasion de présenter les

conclusions du projet et les recommandations d'évolution des codes auprès d'experts internationaux impliqués dans la révision des Eurocodes. CÉOS.fr a constitué ainsi une plateforme privilégiée de défense des positions et points de vue de la communauté française du génie civil.

#### ***LES RETOMBÉES NORMATIVES DANS LE CAS DES PROJETS "GÉOTECHNIQUE ET FONDATIONS"***

Les recommandations apportées par le projet CLOUTERRE (1986-1990) en matière de clouage des sols ont servi à la définition de la norme NF P 94-270 sur les sols renforcés (murs en terre armée, paroi clouée, murs en géotextile). Cette norme établit la référence pour le calcul des parois clouées et des ouvrages de soutènement en sols renforcés en cohérence avec l'Eurocode 7 dont elle constitue une norme nationale d'application. L'Eurocode 7 ne traite pas spécifiquement de ce type d'ouvrage et les recommandations de CLOUTERRE sont incontestablement un apport important aux connaissances pratiques du génie civil.

Les résultats du projet FOREVER (1992-2001) se retrouvent dans les normes relatives aux pieux.

#### ***LES RETOMBÉES NORMATIVES DANS LE CAS DES PROJETS "PROCÉDÉS DE CONSTRUCTION"***

Les recommandations issues du projet BACARA (1988-1996) sont régulièrement mentionnées comme référence à respecter dans les cahiers des clauses techniques particulières (CCTP) de construction des barrages en béton compacté au rouleau.

Les résultats du projet VIBROFONCAGE (1999-2006) introduisent, dans la norme NF P 94-262, des recommandations pour le dimensionnement des pieux vibrofoncés et notamment la réduction du facteur de portance et la réduction du frottement limite unitaire pour ces pieux par rapport aux pieux battus.

#### ***LES RETOMBÉES NORMATIVES DANS LE CAS DES PROJETS "DÉVELOPPEMENT DURABLE"***

Le projet CLÉ DE SOL (1999-2005) s'est traduit par l'écriture de normes d'inter-distance entre réseaux et de positionnement relatifs des réseaux dans les galeries permettant d'optimiser un espace réduit et de faciliter, par exemple, la cohabitation dans le même espace de réseaux d'eau et de chauffage (situation dans laquelle il faut éviter que les déperditions thermiques du réseau de chauffage viennent augmenter la température du réseau d'eau).

Le projet national RECYBÉTON (en cours) devrait aboutir à la levée des freins réglementaires et normatifs au recyclage et permettre l'utilisation, dans les ouvrages en béton, de granulats recyclés, issus de la déconstruction. Les fascicules du CCTG relatifs au béton font partie des textes qui seront amenés à évoluer dans le sens d'un assouplissement des règles pour faciliter l'utilisation des matériaux recyclés.

### **UNE SYNTHÈSE DES RETOMBÉES NORMATIVES PRODUITE PAR LA FNTF**

La FNTF a produit un bilan des retombées normatives et réglementaires des projets nationaux (cf. Tableau 12). Il complète la perception des résultats obtenus au moyen de l'enquête ciblée et met clairement en évidence que près d'un projet sur trois produit des recommandations de nature à influencer les normes du bâtiment, des travaux publics et du génie civil.

### **LES ÉTAPES À FRANCHIR POUR LA TRANSFORMATION NORMATIVE DES ACQUIS TECHNIQUES DES PROJETS**

Les personnes rencontrées lors des entretiens ont relevé, à plusieurs reprises, que la transposition des résultats techniques et scientifiques dans le champ normatif n'était pas immédiate. Elle nécessite au préalable que les nouvelles pratiques, issues de la recherche, se stabilisent au contact d'une communauté plus large d'utilisateurs.

Trois situations illustrent les différentes voies par lesquelles les résultats des projets peuvent déboucher sur de nouvelles dispositions normatives :

- *certains projets peuvent compter, parmi leurs partenaires, des structures impliquées, auprès du bureau de normalisation des transports, des routes et de leurs aménagements (BNTRA), dans les processus de normalisation, et qui exercent un rôle de relai ;*
- *des pilotes de projets peuvent, au titre de leurs différentes responsabilités, participer activement aux comités de normalisation. Ainsi les présidents des projets CLOUTERRE et BHP 2000 présidaient également des commissions de normalisation ;*
- *dans le cas de CÉOS.fr, la visée normative constitue un objectif central du projet qui est conçu pour apporter des avancées en la matière.*



Évaluation du dispositif des projets nationaux  
Constats issus de l'analyse évaluative

<b>BHP 2000</b>	
<i>Para-normatif</i>	Les méthodes d'essai de durabilité développées dans le PN ont ensuite servi au développement de nouveaux bétons
<i>Normatif</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Modification des règles de conception des structures en béton au feu (bâtiment): règles FB (norme NF P 92-701 de décembre 2000)</li> <li>▶ Fascicules du CCTG: modification du BAEL et BPEL (1999), des fascicules de conception des structures mais également des normes, ainsi que du fascicule 65 (2000) qui intègre la formulation des BHP</li> </ul>
<b>BÉFIM</b>	
<i>Para-normatif</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Recommandations AFGC pour la réalisation des pieux forés en BFM (pas de passage à la normalisation évoqué pour l'heure)</li> <li>▶ Utilisation de ces recommandations dans les avis techniques du CSTB</li> <li>▶ Référentiel technique ASQUAPRO (certification de personne en béton projeté)</li> </ul>
<i>Normatif</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Modification des règles de conception des dallages (DTU 13.3)</li> <li>▶ Eurocode 2</li> </ul>
<b>ASIRI</b>	
<i>Para-normatif</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Recommandations permettant, à terme, de normaliser la conception (Eurocode 7 en révision à l'échéance 2018-2020), l'exécution et le contrôle associé. Les recommandations sont disponibles en anglais ce qui facilitera le transfert à la normalisation</li> <li>▶ Les recommandations sont complémentaires à la norme NF P 94-262 (dimensionnement des fondations profondes)</li> </ul>
<b>CLOUTERRE</b>	
<i>Para-normatif</i>	Recommandations CLOUTERRE (1991) et son additif de 2002 traduites en anglais et en coréen
<i>Normatif</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Norme NF P 94-270 de 2009 : calcul géotechnique - ouvrages de soutènement - remblais renforcés et massifs en sol cloué</li> <li>▶ NF EN 14490 de septembre 2010 : exécution des travaux géotechniques spéciaux - clouage</li> </ul>
<b>MIKTI</b>	
<i>Normatif</i>	▶ Annexe nationale de l'Eurocode 2 (sera remonté au niveau de l'Eurocode 2 à l'échéance 2018-2020)
<b>CEOS</b>	
<i>Para-normatif</i>	Intégration des résultats du projet dans l'évolution du code modèle de la Fédération Internationale du Béton
<i>Normatif</i>	Les résultats du projet seront portés par la France pour l'évolution de l'Eurocode 2 (échéance 2018-2020)
<b>MICROTUNNELS</b>	
<i>Para-normatif</i>	Utilisation de recommandations FSTT (2003) dans les avis techniques du CSTB
<b>ISI</b>	
<i>Normatif</i>	Les résultats du projet ISI sont exploités dans le cadre de l'ISO TC 92/SC 4 (nombreuses normes ISO de 2013)
<i>Réglementaire</i>	Possibilité à terme d'ouverture de la réglementation nationale française "feu" aux approches ISI en alternative à l'approche matériaux

TABLEAU 12 : BILAN DES APPORTS NORMATIFS ET RÉGLEMENTAIRES DES PROJETS NATIONAUX (SOURCE FNTP, 2014)

## 25. UNE DIFFUSION POLYMORPHE DES RÉSULTATS

La capacité des projets nationaux à produire des résultats vient d'être faite. Ce constat d'efficacité ne peut se suffire à lui-même et doit être complété par l'examen du devenir des résultats, de leur utilisation et des modalités de leur transfert vers leurs utilisateurs.

### 25.1. UNE DIFFUSION DES RÉSULTATS PERÇUE COMME EFFECTIVE

Deux questions de l'enquête « ciblée » portaient sur la diffusion des résultats.

La première question concernait le partage des connaissances acquises entre les partenaires des projets (cf. question 5 du Tableau 10). 93,9% des répondants ont estimé que ce partage se produisait effectivement.

La seconde question élargissait le point de vue et concernait le partage des connaissances, au-delà du cercle des partenaires, vers l'ensemble de la communauté des acteurs du génie civil (cf. question 6 du Tableau 10). 72,8% des répondants ont estimé qu'une telle diffusion des résultats avait lieu (contre 15,8% qui jugeaient que ce n'était pas le cas). Bien que plus nuancée, l'appréciation de la diffusion des résultats reste très largement positive.

### 25.2. UNE INTERROGATION QUI DEMEURE SUR L'EFFECTIVITÉ DE LA DIFFUSION DES RÉSULTATS

D'autres réponses issues des enquêtes contredisent la vision positive présentée ci-dessus.

L'enquête de visibilité souligne l'existence d'une connaissance hétérogène des projets nationaux au sein de la communauté du génie civil en général mais aussi de mêmes structures en particulier (cf. § 17.2), preuve d'une probable carence de diffusion des résultats.

L'examen des mots cités pour évoquer les points faibles des projets nationaux met en relief la présence des mots « diffusion » et « communication » (cf. Illustration 31).

### 25.3. QUATRE CONDITIONS DE RÉUSSITE DE LA DIFFUSION DES RÉSULTATS

Les rencontres effectuées lors de l'évaluation sont l'occasion d'évoquer à plusieurs reprises les conditions à réunir pour faciliter la diffusion des résultats. Quatre éléments font consensus comme étant porteurs de réussite pour la diffusion des résultats.

#### *L'UTILITÉ DES RÉSULTATS*

L'utilité des résultats est l'un des facteurs déterminants de leur capacité à être repris.

Le cas du projet FABAC est en ce sens révélateur des difficultés qui peuvent être rencontrées. Alors qu'il produit des résultats, en mettant notamment en évidence les

écueils susceptibles d'être rencontrés et la façon d'y remédier, les conclusions de ce projet ne sont connues que d'un nombre réduit d'utilisateurs du fait du faible développement des chaussées en béton.

L'utilité des résultats trouve en particulier son origine dans la convergence de vues et d'objectifs entre chercheurs et utilisateurs des résultats. Alors que les utilisateurs attendent des résultats pratiques et exploitables pour les appliquer, les chercheurs peuvent être enclins à se positionner davantage dans une logique incrémentielle poussant toujours plus en avant les investigations.

### ***LE TEMPS DE MATURATION DES RÉSULTATS***

La dimension temporelle est un autre facteur déterminant pour le transfert des résultats.

Le temps des projets est la première composante de cette dimension temporelle. Il s'écoule, en règle générale entre 8 et 10 années, entre l'apparition de l'idée porteuse du projet et la diffusion des résultats au-delà du cercle des partenaires (cf. notamment § 6).

Le temps de transfert des résultats, seconde composante de la dimension temporelle, est variable et dépend de leur nature, des moyens de leur diffusion, de leur écho auprès des utilisateurs.

La durée cumulée de la phase de projet et de celle du transfert de ses résultats est déterminante dans les effets que les projets nationaux produiront auprès des acteurs du génie civil.

Les projets d'une durée exagérément longue se voient pénalisés en raison du risque de réduction de leur pertinence de départ sous l'effet d'un changement de paradigme ou d'une évolution du système. Ce constat est d'autant plus important lorsqu'il concerne des projets dont la finalité est de produire des gains technologiques attendus par le marché du génie civil. Les résultats doivent être disponibles le plus rapidement possible.

### ***LA CAPACITÉ À S'APPROPRIER LES RÉSULTATS***

Les capacités des utilisateurs à s'approprier puis à déployer les résultats des projets sont un autre facteur déterminant pour leur diffusion.

Au terme du cycle de la recherche appliquée, les apports des projets se voient confrontés aux spécificités des professions du génie civil, aux ressources humaines et matérielles des entreprises, lesquelles résultent en particulier d'équilibres créés par les marchés.

Les entreprises n'ont pas toutes les mêmes capacités à intégrer les résultats. Les freins potentiels à l'intégration sont pluriels : savoir-faire, équipements, force des habitudes, stratégie d'investissement, etc. L'application des résultats par les entreprises nécessite des moyens, des organisations et des pratiques nouvelles. L'intégration des



résultats de recherches dans des processus de production rodés peut parfois être complexe de par les remises en cause qu'elle induit.

### ***L'ADÉQUATION DES RÉSULTATS AVEC LES MARCHÉS DES ENTREPRISES***

La facilité ou non d'exploiter les résultats des recherches dans le cadre des marchés des entreprises est un dernier facteur déterminant de la diffusion des résultats.

Les contrats d'exécution sont, par exemple, acquis avec des marges de manœuvre financières plus ou moins importantes facilitant ou non le recours à des solutions innovantes.

#### **25.4. UNE DIFFUSION DES RÉSULTATS PILOTÉE PAR L'IREX**

L'IREX est impliqué dans la valorisation des résultats des projets et leur diffusion vers la profession.

Cette étape se déroule au terme des recherches en ménageant une période d'un an environ durant laquelle seuls les partenaires des projets en détiennent les résultats et la possibilité de les utiliser (contrepartie à la participation aux projets nationaux).

Le déroulement des projets nationaux peut amener à des allongements de calendrier qui se produisent en général au détriment des étapes de valorisation et de diffusion des résultats. De telles situations soulignent l'importance à accorder à la définition et à la préparation, le plus en amont possible et tout au long de la vie des projets, des actions de diffusion des résultats.

#### **25.5. LES OUVRAGES PUBLIÉS AU TERME DES PROJETS**

Un ouvrage est publié au terme de chacun des projets (cf. § 14.1 et Tableau 7). Dans plusieurs cas, la publication ne se limite pas à un seul ouvrage mais en comporte plusieurs (jusqu'à 8 dans le cas du projet BHP 2000).

#### **25.6. LES PUBLICATIONS DANS LES REVUES TECHNIQUES**

Le § 14.2 présente un bilan des articles publiés sur les projets nationaux dans les revues « le Moniteur » et « Travaux ».

#### **25.7. L'ORGANISATION DE MANIFESTATIONS**

##### ***LES RENCONTRES TECHNIQUES DE L'IREX***

Ces rencontres techniques ont réuni chaque année, de 1992 à 2002, une centaine de personnes en moyenne. S'il est possible de retracer les dates de ces rencontres, il reste difficile, faute de données exploitables, de dresser le profil des participants.

Les rencontres techniques ont été organisées aux dates suivantes :

- 7 octobre 1992 ;
- 9 novembre 1993 ;
- 6 décembre 1994 ;
- 10 décembre 1997 ;
- 10 décembre 1998 ;
- 28 janvier 2000 ;
- Mars 2002.

Selon l'IREX, interrogé sur le sujet, l'arrêt des rencontres techniques ne relève pas d'une décision en la matière mais d'un essoufflement et d'un manque de forces vives pour les organiser.

Ont succédé à ces rencontres les « Entretiens du RGC&U » organisés par le ministère en charge de l'équipement et la FNTP (conjointement avec le ministère en charge de la recherche et la FFB pour les premières éditions) :

- 22 janvier 2002 ;
- 21 janvier 2003 ;
- 9 mars 2004 ;
- 22 mars 2005 ;
- 18 octobre 2006 ;
- 6 novembre 2007 ;
- 23 juin 2009 ;
- 9 mars 2010 ;
- 9 mars 2011 ;
- 24 octobre 2012.

Ces rencontres ont été notamment l'occasion de présentations et d'échanges sur les projets nationaux.

### **LES MANIFESTATIONS ORGANISÉES DANS LE CADRE DES PROJETS**

Les différents projets ont intégré dans leur organisation une diffusion des résultats sous la forme de manifestations.

Faute de données, il n'est malheureusement pas possible de dresser un inventaire complet de ces manifestations.

La recherche documentaire menée dans le cadre de l'évaluation a permis de dresser les listes de participants associées à des manifestations organisées dans le cadre des projets ASIRI, CÉOS.fr, ÉRINOH et MIKTI (cf. § 14.3).

## **25.8. LES THÈSES ET POST-DOCTORATS FINANCÉS DANS LE CADRE DES PROJETS**

De l'avis récurrent des personnes auditionnées, les thèses et post-doctorats contribuent à une diffusion indirecte des résultats des projets nationaux qui ont constitué leur support de recherches.

Cette contribution est qualifiée d'indirecte dans la mesure où elle ne peut s'opérer qu'au terme de la phase de recherche. A chaque étape de l'évolution de carrière du thésard ou du post-doctorant, les connaissances acquises bénéficient à la nouvelle structure d'accueil. Les thèses et post-doctorats enrichissent un vivier de compétences et de connaissances susceptibles d'être reprises par les entreprises qui embauchent ces jeunes chercheurs.

En raison de l'absence de données, il n'a pas été possible de procéder à un bilan quantifié des thèses et post-doctorats des projets nationaux (cf. § 14.4).

## **25.9. LES AUTRES FORMES DE DIFFUSION DES RÉSULTATS**

La diffusion des résultats des projets nationaux ne se limite pas aux seuls canaux qui viennent d'être énumérés ; d'autres lieux et occasions de diffusion existent, plus spontanés et moins structurés que les précédents.

La diffusion des résultats des projets se produit également :

- *dans le cadre des chantiers expérimentaux qui constituent le support "grandeur nature" de la démonstration des résultats des projets ;*
- *au travers des normes produites dans le prolongement des projets (cf. § 0). La transcription des connaissances sous une forme para-normative ou normative incite fortement à s'appropriier les nouvelles connaissances ;*
- *lors de la diffusion des bulletins techniques (exemple des bulletins de liaison des Ponts et chaussées remplacés par les bulletins des Ponts et chaussées) ;*
- *via des sites internet dédiés aux projets nationaux (site de l'IREX et des partenaires des équipes des projets) ;*
- *par l'intermédiaire de personnalités impliquées dans les projets qui participent, au travers des responsabilités et des missions qu'elles exercent, au rayonnement des projets nationaux et de leurs résultats.*

Différentes structures, dont certaines sont impliquées dans les équipes des projets nationaux, assurent un relai dans la diffusion des résultats des projets nationaux :

- *les sociétés savantes comme le CFMS par exemple qui a contribué à la diffusion des résultats de CLOUTERRE ;*
- *l'AFGC ;*
- *la FNTP ;*
- *l'AFTES ;*
- *etc.*

Historiquement, et notamment sur une majeure partie de la durée des projets nationaux, l'État et ses services satellites (DDT, LCPC, LRPC, CETE, SETRA, CERTU, CETMEF) ont joué un rôle important dans la diffusion des résultats. Suite à différentes réorganisations, ce rôle est désormais appelé à être repris par l'IFSTAR et le CEREMA.

La vie des projets est porteuse d'occasions de diffusion des résultats. Quelques exemples suffisent pour s'en convaincre :

- dans le cas du projet CÉOS.fr, les séminaires délocalisés ont été organisés pour présenter à un public élargi les résultats du projet ;
- les résultats du projet ÉRINOH vont être présentés dans deux bulletins techniques du comité international des grands barrages (CIGB) ;
- la production d'« add-on » à des logiciels métiers permet la prise en compte des recommandations issues des projets.

## **25.10. UNE DIFFUSION DES RÉSULTATS QUI S'OPÈRE ÉGALEMENT À LA FAVEUR DE L'ENCHAÎNEMENT DES PROJETS**

La conduite d'un projet de recherche correspond à un cycle qui passe d'un état de l'art donné à un état de l'art enrichi par la production de nouvelles connaissances issues du projet.

Ce schéma s'applique aux recherches menées dans le cadre des projets nationaux et plus globalement à l'ensemble du portefeuille de projets. Ainsi, les projets ne doivent pas être perçus comme un assemblage d'objets. Des projets s'inscrivent dans le prolongement de précédents ; ils en valorisent les résultats qu'ils contribuent à diffuser à l'occasion.

Une telle succession des recherches permet de prolonger les résultats d'un premier projet pour les compléter dans le cadre d'un second, en fonction des questions qui ont été provoquées par les recherches précédentes. Ce découplage est une forme d'utilisation des résultats d'un projet par un autre. Plusieurs exemples peuvent être cités.

Un premier exemple de valorisation des résultats par la recherche est observé au sein des projets "matériaux". Ainsi, le projet BHP 2000 est issu du projet VNB et n'aurait pas vu le jour sous la forme qu'on lui connaît sans ce précurseur. VNB ouvre à nouveau la recherche sur le béton, aboutit à la reformulation de normes et préconise la mise en œuvre d'un projet national sur les bétons hautes-performances. Les projets BÉFIM et CALIBÉ découlent aussi de VNB selon la même logique d'ouverture de la réflexion.

La filiation entre projets franchit également les frontières virtuelles que constituent les thématiques de recherches. Ainsi le projet MIKTI (relatif aux "procédés de construction") bénéficie-t-il des avancées issues de BÉFIM (lequel concerne les "matériaux").

Un autre exemple de filiation entre projets est observé avec le projet Ville 10D (projet national en cours de réalisation) qui a bénéficié notamment des apports de CLÉ DE SOL en termes de méthode à suivre pour monter et conduire des projets en milieu urbain.

Cet autre exemple souligne que la filiation entre projets ne repose pas uniquement sur des principes de valorisation des acquis techniques et scientifiques mais profite également des retombées méthodologiques.

De telles filiations entre projets apportent la preuve que, dans le processus « bottom-up » porté par les projets nationaux, les réponses apportées par un projet induisent une maturation des réflexions et provoquent de nouveaux questionnements qui contribuent à l'ouverture de nouvelles trajectoires de recherches.

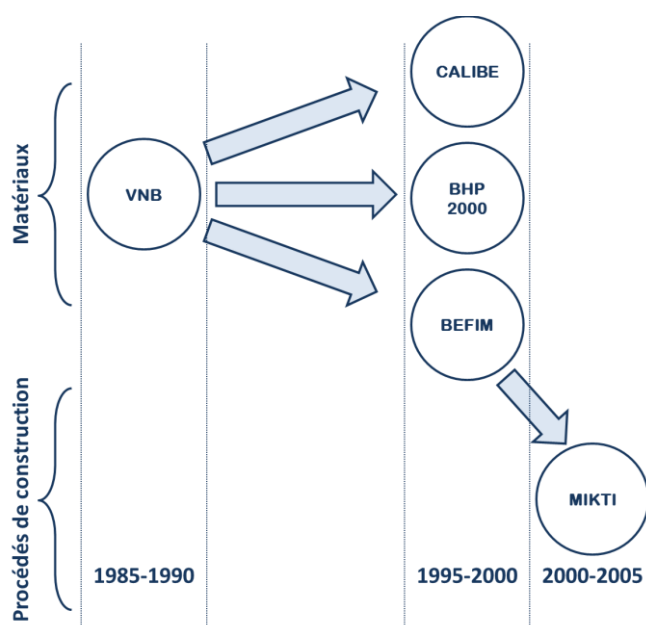


ILLUSTRATION 36 : SCHÉMATISATION D'UN EXEMPLE DE FILIATION DES PROJETS

Les entretiens soulignent l'intérêt du dispositif à réinterroger les sujets par les avancées obtenues. Les projets nationaux doivent ainsi être perçus, bien au-delà d'une simple construction autour d'enjeux partagés, comme le moyen d'appréhender, dans leur transversalité et sur un temps long, les questionnements du génie civil.

## 26. UN DISPOSITIF INCUBATEUR D'INNOVATIONS

Selon l'AFNOR, l'innovation correspond à la mise en œuvre originale et porteuse de progrès d'une découverte, d'une invention ou simplement d'un concept. Elle doit, pour être qualifiée d'innovation, répondre à trois principaux critères : satisfaire un besoin de marché, se matérialiser par un produit ou un service satisfaisant ce besoin, disposer d'ingrédients (inputs) nécessaires au développement du produit ou du service sur le marché.

Au-delà de l'obtention de nouvelles connaissances et de normes, les projets nationaux sont, pour les observateurs rencontrés, des incubateurs d'innovations.

L'apport des projets nationaux à l'innovation est indirect.

Par essence, les projets nationaux réunissent, autour d'un objectif et de résultats partagés, l'ensemble des acteurs concernés par un sujet ; lesquels sont également des concurrents commerciaux. Une telle situation de partage est antagoniste avec le sens même de l'innovation qui vise à déboucher sur des brevets conférant une situation commerciale dominante.

L'innovation s'opère donc, une fois les résultats acquis et partagés, en interne aux entreprises, à la faveur de leurs stratégies individuelles en matière de développement de nouveaux produits.

Les projets nationaux apparaissent dès lors comme des « démonstrateurs » qui s'accompagnent d'un essaimage de leurs résultats vers des utilisateurs, lesquels peuvent, selon leurs stratégies, leurs métiers, leurs marchés et leurs moyens, développer, ou non, des innovations en termes de méthodes, de procédés ou de produits.

## **27. UNE OUVERTURE À L'INTERNATIONAL LIMITÉE À QUELQUES PROJETS**

### **27.1. L'OUVERTURE À L'INTERNATIONAL VUE SOUS L'ANGLE DE LA DIFFUSION DES RÉSULTATS DES PROJETS**

La diffusion des résultats à l'international obéit à des contraintes différentes de celles de la diffusion effectuée à l'échelon national. Cette diffusion présente un intérêt stratégique pour les acteurs de la filière française du génie civil dans un contexte de mondialisation (visibilité de leur savoir-faire hors de France et capacité à conquérir des marchés à l'export).

Des traductions des ouvrages publiés au terme des projets ont régulièrement été effectuées en anglais et, très marginalement, en coréen, portugais et chinois (cf. Tableau 7).

La diffusion à l'international se traduit par un coût majoré sous l'effet de la nécessité d'adapter les résultats aux différences linguistiques, culturelles et organisationnelles. Cette diffusion est également complexifiée par le fait que les projets produisent des résultats adaptés à des particularismes nationaux (normatifs et réglementaires notamment).

Selon plusieurs avis exprimés lors des entretiens, malgré les efforts entrepris pour traduire les résultats des projets nationaux, la visibilité du dispositif hors de nos frontières reste faible et sans doute à améliorer.

## 27.2. L'OUVERTURE À L'INTERNATIONAL VUE SOUS L'ANGLE DES PROJETS

Plusieurs exemples illustrent cette ouverture.

Le projet VNB a mobilisé des représentants d'universités étrangères (Suisse, Belgique, Canada).

La stratégie développée dans le cadre du projet CÉOS.fr vise rapidement à une ouverture internationale en s'appuyant sur :

- *la mise en place d'un comité international réunissant 4 experts impliqués dans la réglementation européenne relative aux Eurocodes (un français, un italien, un grec et le directeur du laboratoire ELSA - European Laboratory for Structural Assessment - situé à Ispra en Italie). Ce comité se réunit chaque année à l'occasion d'une journée scientifique ;*
- *la mobilisation de partenaires du projet ayant des responsabilités dans des instances internationales (FIB par exemple) et dans les commissions de normalisation des Eurocodes ;*
- *l'organisation de « benchmarks » réunissant des chercheurs de différents pays afin de les amener à faire partager leurs expertises sur les règles de calculs et leurs conséquences sur le dimensionnement des armatures en béton ;*
- *l'organisation de 4 « workshops » internationaux appelés CONCRACK. Le premier s'est déroulé en 2009 à Paris et a réuni 70 participants venant de 13 pays. Le second s'est tenu, toujours à Paris, deux ans plus tard, en 2011 (100 participants venant de 13 pays). Le troisième a été organisé à Marne-la-Vallée avec la participation de chercheurs japonais venus présenter leur savoir-faire pour éviter les fissurations précoces. Le 4ème et dernier « workshop » a été organisé au Centre commun de recherche de la Commission européenne (Joint research center) à Ispra en 2014 en lien avec la tenue d'une réunion du sous-comité européen de normalisation en charge de l'Eurocode 2 placé sous la responsabilité du comité technique 250 « Eurocodes structuraux » du Comité européen de normalisation (CEN).*

Les pilotes de CÉOS.fr sont également impliqués dans une formation ouverte à l'international au travers d'un partenariat avec l'École polytechnique fédérale de Lausanne en Suisse, les universités de Sherbrooke et de Laval au Canada, l'université de Liège en Belgique. Cette même initiative est à l'origine du réseau de recherche et de formation francophone sur le béton. Au moyen de ces partenariats, les résultats de CÉOS.fr ont fait l'objet de plusieurs présentations.

Le projet CLOUTERRE a été l'occasion de différentes coopérations avec des partenaires étrangers. Au terme du projet, la « federal highway administration » (FHWA) du département américain des transports a effectué un « scanning tour » en Europe (état des lieux du savoir-faire européen en génie civil). Les résultats du projet



CLOUTERRE ont été remarqués à cette occasion. Ils ont alors été traduits en anglais et diffusés à 10 000 exemplaires aux États-Unis par la FHWA. Cette situation a procuré un grand rayonnement du savoir-faire géotechnique français outre-Atlantique.

L'expertise développée dans le cadre du projet ÉRINOH a été valorisée à l'occasion de l'écriture de l'« International Levee Handbook ». Le pilote du projet ÉRINOH est également auteur de cet ouvrage international coédité par le ministère de l'Écologie en France, l'« US Army Corps of Engineers » aux États-Unis et la « Construction Industry Research and Information Association » en Grande-Bretagne.

Le projet BaCaRa a joué un rôle essentiel pour la promotion de la technologie française des barrages en béton compacté au rouleau (BCR). Le projet a permis aux entreprises françaises de rattraper leur retard par rapport aux concurrents étrangers (USA, Espagne, Japon) en la matière et a donné corps à une école française du BCR (qui a ensuite fait des émules, notamment au Maroc).

Des colloques ont été organisés au Québec, en Suisse, en Finlande et en République Tchèque dans le cadre du projet CLÉ DE SOL. Différentes sollicitations internationales ont également été constatées au terme du projet. L'Arabie Saoudite a ainsi demandé une expertise au président du projet en écho aux difficultés rencontrées à Ryad lors de travaux sur les réseaux (désordres, enfoncements de voiries, accidents, gênes lors des travaux, etc.). L'Allemagne et Israël ont aussi fait part de leur intérêt pour les résultats d'un projet aisément exportables, hormis ceux relatifs aux droits.

### **27.3. LES LIMITES ASSOCIÉES À UNE OUVERTURE INTERNATIONALE NON MAÎTRISÉE**

L'ouverture internationale des projets nationaux est porteuse de bénéfices qui ne doivent pas en occulter les risques.

Parmi les bénéfices, il convient de citer :

- *le développement de connaissances qui tiennent compte de l'état de l'art pratiqué dans les pays étrangers ;*
- *le cas échéant, une consolidation des savoirs et savoir-faire français à un niveau au moins égal à ceux de la concurrence étrangère ;*
- *le transfert des résultats à l'étranger et le développement de nouveaux marchés.*

Une ouverture internationale non maîtrisée peut toutefois s'avérer préjudiciable pour la filière française du génie civil lorsqu'elle s'accompagne d'un transfert de résultats stratégiques.

L'exemple du projet CLOUTERRE est révélateur des effets contrastés qu'une ouverture à l'international est susceptible d'engendrer. Si la traduction anglaise du guide de recommandations qui en est issu a été largement diffusée outre-Atlantique (participant ainsi à la reconnaissance du savoir-faire français en matière de clouage des sols), le transfert des compétences qui en a résulté a probablement porté tort



aux entreprises françaises, qui n'ont pas pu faire valoir leurs avancées pour s'imposer sur le marché des opérations de clouage aux États-Unis.

## **28. UNE GOUVERNANCE ARTICULÉE AUTOUR DU RGC&U ET DE L'IREX**

### **28.1. L'INFLUENCE DU RGC&U SUR LE CONTENU DES PROJETS NATIONAUX**

Le RGC&U, régulièrement réuni en comité d'orientation, apporte l'expertise scientifique et technique nécessaire à la sélection de projets nationaux pertinents et cohérents (cf. § 5 et 12).

Les entretiens soulignent que la succession des projets nationaux sur une longue période, ainsi que leur distribution thématique, obligent le RGC&U à orienter ses choix de manière à ménager un équilibre entre poursuite de recherches incrémentales et ouverture vers de nouvelles voies.

Sur la période 1999-2013, lors des 33 séances consacrées à l'examen de propositions, le CODOR RGC&U a eu à prononcer des avis sur 14 dossiers de projets nationaux.

Un seul projet a été écarté au motif du manque de pertinence et de retombées pour les entreprises.

Pour plus de la moitié des dossiers examinés, le CODOR RGC&U a formulé un avis se traduisant par des demandes d'adaptations (cf. § 12.3). L'examen des comptes rendus des CODOR du RGC&U sur la période 1999-2013 apporte la connaissance des adaptations souhaitées. Elles concernent principalement la méthodologie, le budget et le pilotage des projets.

Deux points faibles sont signalés, lors des entretiens, au sujet de ce processus de validation des projets :

- *il est difficile, au terme des études préalables qui ont mobilisé du temps et des moyens, de ne pas retenir les projets ;*
- *les initiateurs des réflexions, ceux qui posent les questions à l'origine des projets, constituent le cœur des partenaires qui vont s'impliquer. Il est donc difficile, au terme des études de faisabilité, de réussir à ouvrir plus largement la participation à un projet qui a déjà bien borné les responsabilités et les fonctions.*

### **28.2. L'IREX, ANIMATEUR DU DISPOSITIF**

L'IREX joue principalement un rôle d'animation, de coordination et de valorisation des projets nationaux. La structure apporte au dispositif la ressource nécessaire pour la gestion administrative et financière des appels à cotisation et des commandes, l'organisation des réunions et des manifestations, la communication autour des projets.

Lors des entretiens, des interlocuteurs soulignent que le travail effectué par l'IREX libère du temps aux équipes qui peuvent dès lors entièrement se concentrer sur les tâches de réalisation, de suivi et d'encadrement des recherches.

### **28.3. LA CHARTE DES PROJETS, ÉLÉMENT ESSENTIEL POUR LEUR PILOTAGE**

Chaque projet national est piloté par un président assisté d'un ou plusieurs directeurs. Il est admis que les personnalités retenues pour assurer ces fonctions font autorité dans leurs disciplines et sur les sujets du projet national.

Le bon fonctionnement des équipes (entreprises de tailles variables, organismes de recherches, maîtrises d'ouvrages publiques, etc.) est assuré par une charte du projet qui installe les règles de bonne conduite et précise le rôle et la contribution attendus de chacun (cf. § 13).

L'existence d'une telle charte est d'autant plus importante que les projets réunissent des acteurs de taille et donc de capacités différentes.

### **28.4. UN SCHÉMA ORGANISATIONNEL PERÇU POSITIVEMENT BIEN QU'IL INDUISE DES LENTEURS**

Une question de l'enquête « ciblée » concerne la perception du schéma organisationnel des projets nationaux (IREX, RGC&U, études préalables).

Les réponses des participants sont sans équivoque (cf. question 10 du Tableau 10) : 81,6% d'entre eux estiment que le schéma organisationnel adossé au dispositif est cohérent.

Les participants aux enquêtes reconnaissent également que les étapes amonts des projets nationaux (études préalables) pénalisent le dispositif en raison des délais qu'elles induisent.

## **29. LES PROJETS NATIONAUX, SPÉCIFIQUES ET COMPLÉMENTAIRES AVEC D'AUTRES DISPOSITIFS DE RECHERCHE**

### **29.1. L'ADN DES PROJETS NATIONAUX**

#### *RECHERCHES COLLABORATIVES EN GÉNIE CIVIL*

Les projets nationaux peuvent être qualifiés de recherches collaboratives. Ils résultent en effet d'un partenariat associant des acteurs publics et privés du génie civil (souvent concurrents) qui participent aux travaux et en partagent les coûts, les ressources et les résultats.

### **DÉFINITION « BOTTOM-UP » DES RECHERCHES**

En traitant des sujets d'importance remontés par les acteurs du secteur, les recherches menées dans les projets nationaux peuvent être qualifiées de « bottom-up ». Mais, dans la mesure où les recherches subventionnées sont jugées pertinentes et utiles par les pouvoirs publics, la dimension « top-down » des projets nationaux est également une réalité.

### **RECHERCHES APPLIQUÉES ET EXPÉRIMENTALES À L'ÉCHELLE 1**

Les projets nationaux ne comportent pas de recherche fondamentale selon son acception habituelle : travaux entrepris en vue d'acquérir de nouvelles connaissances, à partir notamment de l'analyse des fondements scientifiques, sans envisager d'application ou d'utilisation particulière.

Les projets nationaux correspondent à des recherches appliquées qui intègrent du développement expérimental. La recherche appliquée se caractérise par son objectif d'obtention de résultats transférables sous la forme de produits, de méthodes, de modèles, de référentiels techniques, de normes ou de règlements. Le développement expérimental correspond aux essais grandeur nature effectués dans le cadre de chantiers. L'objectif du développement expérimental est de disposer d'un prototype qui apporte les informations nécessaires à la production, à l'amélioration et à la validation de matériaux, de produits, de procédés, de services, etc.

### **INCUBATEUR D'INNOVATIONS**

Les projets nationaux, parce qu'ils contribuent à apporter des connaissances nouvelles pour répondre à des sujets à enjeux du génie civil, constituent un catalyseur d'innovations.

### **RÉSULTATS PARTAGÉS**

Les projets nationaux produisent des résultats de différentes natures :

- *nouvelles connaissances scientifiques et techniques ;*
- *recommandations techniques ;*
- *évolutions normatives ;*
- *précurseurs d'innovations.*

Ces résultats sont destinés à être partagés entre les acteurs concernés ; qu'il s'agisse de donneurs d'ordre, de concepteurs, de réalisateurs ou de gestionnaires d'ouvrages.

## **29.2. LES DISPOSITIFS QUI PEUVENT ÊTRE COMPARÉS AUX PROJETS NATIONAUX**

L'examen des synergies ou des antagonismes des projets nationaux avec d'autres dispositifs nécessite leur comparaison. Celle-ci est effectuée en référence aux

caractéristiques des projets nationaux (cf. supra, § 29.1). Sont détaillés ci-après les dispositifs qui ont été comparés aux projets nationaux.

Il faut préciser que, de façon volontaire, la comparaison n'a pas concerné les dispositifs européens. Malgré l'importance de ceux-ci, notamment en termes de financement, ce choix est justifié par le fait que la question de la cohérence externe des projets nationaux (leur synergie ou antagonisme avec les autres dispositifs) n'était pas un sujet central de l'évaluation.

De même, la comparaison des projets nationaux avec des dispositifs aujourd'hui interrompus (rappelons que le dispositif voit le jour en 1985) n'a pas été effectuée en raison des difficultés de l'exercice et de son intérêt limité pour une évaluation dont l'objectif est de se tourner vers l'avenir.

### **LES RECHERCHES INTERNES AUX ENTREPRISES**

Plusieurs interlocuteurs interrogés dans le cadre de l'évaluation s'accordent pour reconnaître la faiblesse de la recherche portée en interne par les entreprises du génie civil comparativement à celle d'autres secteurs économiques.

Pour les plus grandes entreprises, l'effort de recherche interne n'apparaît pas à la hauteur de leur envergure économique. Les données 2012 déclarées au titre du crédit d'impôt recherche (CIR) par les entreprises du champ des projets nationaux confirment ce point de vue :

- *pour le secteur du Bâtiment et des Travaux Publics (BTP) : 127 M€ de crédits ;*
- *pour le secteur du génie civil (hors BTP mais y compris bureaux d'études) : 69 M€ de crédits.*

Soit un total de 196 M€ de crédits à comparer aux 112,4 Md€ de chiffre d'affaires total de la filière (cf. §7) : déclarations CIR à hauteur de 0,17% du chiffre d'affaires global des entreprises.

Plusieurs raisons concourent à expliquer ce constat.

En premier lieu, la nature des marchés publics qui constituent le socle commercial des entreprises. Ils correspondent à des procédures d'attribution s'appuyant sur des critères qui ne stimulent pas l'effort de recherche (critères de prix, de délais, d'expériences et des méthodologies le plus souvent imposés et figés par le refus de variantes au cahier des charges). Les marchés privés semblent plus propices à une émulation par la recherche, notamment en raison de leur caractère moins contraint.

En second lieu, le caractère d'« industrie de projet » du génie civil et de la construction qui intègre une part de recherche directement intégrée aux opérations et aux chantiers. Situation qui complexifie la comptabilisation de l'effort de recherche réellement engagé par les entreprises et les ingénieries.

La recherche n'apparaît toutefois pas comme un levier de gain de rentabilité économique alors que l'innovation qu'elle apporte joue un rôle déterminant dans la capacité à traiter les situations singulières qui caractérisent chaque chantier. D'autres voies sont explorées pour obtenir ce gain de performance indispensable aux entreprises ; notamment organisationnelles. Les entreprises de travaux, par exemple, privilégient, comme variable d'ajustement de leur rendement économique, la gestion des chantiers qui constitue, de surcroît, un élément de comparaison important d'entreprises concurrentes dans le cadre des marchés publics.

### **LES RECHERCHES PORTÉES PAR L'ANR**

Créée en 2005, l'Agence Nationale de la Recherche (ANR) est l'acteur central du paysage du financement de la recherche sur projets au niveau national, pour les recherches fondamentales et appliquées et est impliquée dans la mise en œuvre d'une partie des investissements d'avenir et du financement des Instituts Carnot.

Les modalités de sélection et de financement des projets de recherche par l'ANR ont régulièrement évolué depuis 2005. Parce qu'ils ne sont pas strictement orientés « génie civil », les dispositifs qui le concernent évoluent sur la période 2005-2013 :

- *programme "génie civil et urbain" de 2005 à 2007 : 3 appels à projets (AAP) ;*
- *programme fusionné dans le dispositif "villes durables" de 2008 à 2010 : 3 AAP ;*
- *dispositif à nouveau élargi à partir de 2011 et jusqu'en 2013 dans le cadre du programme "villes et bâtiments durables" : 3 AAP.*

Depuis 2013, l'ANR poursuit ses évolutions et oriente désormais les recherches qu'elle subventionne au travers d'un unique AAP, moins prescriptif que les précédents programmes thématiques, favorisant une construction davantage « bottom-up » des projets de recherche (dans la mesure où elles s'inscrivent comme des réponses à des sujets sociétaux répartis en 9 grands « défis »). Le génie civil trouve sa place dans plusieurs de ces défis :

- *principalement, Mobilité et systèmes urbains durables ;*
- *énergie propre, sûre et efficace ;*
- *stimuler le renouveau industriel.*

Différents types de recherche sont financés par l'ANR :

- *recherches fondamentales, sans avoir nécessairement un objectif d'application prédéfinie ;*
- *recherches finalisées, appliquées et industrielles.*

Les recherches subventionnées par l'ANR sont collaboratives, hors quelques instruments spécifiques.

Les projets doivent obligatoirement comporter un organisme de recherche public qui peut s'associer à d'autres organismes de recherche ainsi qu'à des acteurs économiques (cette présence des acteurs économiques était obligatoire dans le cadre du programme "génie civil et urbain"). La présence des maîtres d'ouvrages comme les collectivités territoriales est rare, conditionnée par la nature et le caractère opérationnel des recherches (leur présence a été plus forte dans le cadre de "ville durable").

Les taux de subventionnement des partenaires sont variables selon leur type (organisme de recherche / entreprise) et leur taille (grands groupes, Petites et Moyennes Entreprises - PME -).

Des accords de consortium définissent les règles de partage et d'exploitation des résultats des recherches.

Un projet génie civil type porté par l'ANR mobilise environ 700 k€ de subventions, hors prise en compte des CIR mobilisables par ailleurs (les dépenses des entreprises non couvertes par la subvention de l'ANR sont éligibles au CIR) et des crédits propres aux établissements publics impliqués, qui portent l'investissement global à environ 2 000 k€.

Les contraintes de réduction budgétaire qui s'imposent à l'ANR, compte-tenu de la diminution progressive de son budget d'intervention depuis 2009, l'obligent à réduire le montant moyen de subvention de 700 k€ dans l'objectif de rester en capacité de financer un nombre suffisant de projets et d'essayer de maintenir des taux de succès « raisonnables » dans une enveloppe réduite.

Des projets nationaux ont combiné un portage de l'Institut pour la Recherche appliquée et l'Expérimentation en génie civil (IREX) et des financements de l'ANR. L'évolution de la configuration des recherches de l'ANR pourrait être à l'avenir moins favorable à ce type d'articulation. Ce couplage est une bonne chose si la synergie entre les deux composantes des projets est bonne, en particulier à la faveur d'allers-retours réguliers entre les deux parties. Dans les faits, ce fonctionnement ne s'est pas toujours très bien effectué en raison de deux coordinations nécessaires pour le projet national et le projet ANR. Dans le cas des projets hybrides, les pilotes des projets nationaux dressent le constat de projets nationaux plus faciles à gérer que leur composante ANR en raison notamment de la souplesse plus grande des projets nationaux (capacité à les faire évoluer, « chemin faisant », de manière à les adapter aux situations rencontrées) et du formalisme plus strict, complexe et chronophage des composantes ANR.

### **LA R&D SOUTENUE PAR LE FONDS UNIQUE INTERMINISTÉRIEL**

Mis en place en 2005, le Fonds unique interministériel (FUI) est un dispositif de soutien à la recherche-développement dans les territoires. Financé conjointement par l'État (principalement le ministère en charge de l'industrie mais aussi notamment la défense, l'agriculture et le développement durable) et par les collectivités

territoriales, le programme soutient des projets de recherche appliquée visant le développement de nouveaux produits ou services susceptibles d'être mis sur le marché à court ou moyen terme (5 ans en règle générale) et créateurs de richesses et d'emplois à l'échelle d'un territoire donné.

Les projets soutenus dans le cadre du FUI sont collaboratifs et réunissent grandes entreprises, PME et laboratoires de recherche. Le dispositif s'appuie sur des structures d'accompagnement dédiées, les pôles de compétitivité, regroupant, sur un territoire défini et une thématique ciblée, entreprises, organismes de recherche et établissements de formation. Ces pôles, sélectionnés sur appel d'offres à échéances régulières par un comité interministériel, ont en charge la pré-sélection (ou labellisation) des projets éligibles aux appels bisannuels du FUI. Suite à la délabellisation du pôle Génie civil ouest en 2010, on ne dénombre plus aujourd'hui de pôle de compétitivité majoritairement dédié au génie civil. Si Advancity demeure l'un des rares pôles à porter encore cette thématique, on constate dans les faits que peu de projets génie civil ont pu en émerger.

Bien que ne relevant pas (ou plus) du réseau des pôles de compétitivité, des structures d'accompagnement dédiées à l'innovation telles qu'INDURA (ou NOVABUILD dans le prolongement du pôle Génie civil ouest) aident chercheurs et industriels du BTP à monter des projets collaboratifs de R&D sur leurs territoires.

#### **LA RECHERCHE STRUCTURANTE PORTÉE PAR LE PROGRAMME D'INVESTISSEMENTS D'AVENIR**

Financé à partir d'un « Grand emprunt » en 2009, le programme d'investissements d'avenir (PIA) soutient, à hauteur de 47 Mds d'Euros, la recherche et l'innovation industrielle. La gestion de ces investissements est confiée à des opérateurs d'État, tels que l'ANR dans le domaine de l'enseignement supérieur et de la recherche, l'ADEME pour les actions liées à la transition énergétique et écologique, Bpifrance pour le soutien aux entreprises et aux filières industrielles, lesquels préparent et mettent en œuvre des appels à projets nationaux destinés à sélectionner des équipes d'excellence autour de thématiques préétablies ou non.

Bien que le génie civil ne soit pas reconnu aujourd'hui au sein des actions thématiques du PIA, celui-ci peut trouver sa place dans les dispositifs athématiques du programme, comme les appels à projets de recherche et développement structurants pour la compétitivité (PSPC). Ce dernier dispositif soutient des projets collaboratifs de R&D de grande ampleur, structurants pour une filière industrielle donnée et présentant d'importantes retombées économiques directes (sous formes de nouveaux produits, services et technologies). A ce jour toutefois, aucun projet de génie civil d'envergure n'a été retenu dans ce cadre.

### **29.3. LES PROJETS NATIONAUX, UN DISPOSITIF UNIQUE ET ORIGINAL DANS LE PAYSAGE DE LA RECHERCHE**

L'exercice de comparaison des dispositifs qui vient d'être mené avec les projets nationaux met en évidence des similitudes mais aucune équivalence (cf. Tableau 13). Ces similitudes restent partielles dans la mesure où elles portent uniquement sur des combinaisons d'une partie seulement des traits de caractère des projets nationaux. Les autres mécanismes de soutien à la recherche apparaissent comme autant de dispositifs complémentaires dont plusieurs ne ciblent pas spécifiquement le génie civil.

Les projets nationaux constituent une approche originale où les recherches émanent d'un espace de validation de références partagées et déclinées ensuite auprès des partenaires.

Les interlocuteurs rencontrés ont souligné que l'identité des projets nationaux positionnait le dispositif à l'articulation entre :

- *les recherches fondamentales menées dans les laboratoires universitaires. Avec les projets nationaux, les développements expérimentaux réalisés lors du passage du laboratoire au terrain, mobilisent les chercheurs, les entreprises et procurent une importante valeur ajoutée (validation scientifique et technique des résultats des recherches) ;*
- *les recherches internes aux entreprises effectuées en réponse à leur stratégie. Avec les projets nationaux, les recherches partenariales et expérimentales, apportent des réponses à des sujets partagés par les entreprises, la recherche et les maîtrises d'ouvrages. Les résultats sont mis à disposition de l'ensemble des utilisateurs, des plus petites entreprises aux plus grands groupes.*

Toujours selon les personnes rencontrées, le dispositif des projets nationaux traite, sous l'angle de la recherche et avec les caractéristiques qui sont les siennes (cf. § 29.1), de sujets qui ne le seraient pas sans lui. On peut citer, à titre d'exemples, les récents projets sur l'utilisation des espaces souterrains pour un aménagement urbain durable (projet Ville 10D) ou encore sur le recyclage complet des bétons (projet RECYBÉTON).



	ANR	FUI	PSPC	Recherche interne aux entreprises	Projets nationaux
Thématique génie civil	◐	◐	◐	●	●
Recherche collaborative	●	●	●	○	●
Définition « bottom-up » des recherches	◐	◐	●	●	●
Recherche appliquée	◐	●	●	●	●
Recherche expérimentale à l'échelle 1	◐	◐	◐	◐	●
Incubation d'innovation	◐	●	●	●	●
Retombées normatives ou réglementaires	○	○	○	○	●
Partage des résultats	●	◐	◐	○	●

● oui      ○ Non      ◐ Dans certains cas ou partiellement

TABLEAU 13 : COMPARAISON DES DISPOSITIFS DE SOUTIEN À LA RECHERCHE EN GÉNIE CIVIL

## 30. UNE VISION POSITIVE DU DISPOSITIF QUI STIMULE LES INTERROGATIONS SUR SON DEVENIR

### 30.1. UN DISPOSITIF QUI JOUIT D'UNE APPRÉCIATION TRÈS POSITIVE

Deux questions de l'enquête « ciblée » concernent l'appréciation du dispositif (cf. questions 11 et 12 du Tableau 10). L'examen des réponses met en évidence une perception très positive vis-à-vis du dispositif :

- 92,9% des répondants portent une appréciation globale positive sur le dispositif des projets nationaux ;
- 93% des répondants jugent souhaitables la poursuite et la pérennisation du dispositif.

### 30.2. LES FORCES ET DES FAIBLESSES IDENTIFIÉES PAR CELLES ET CEUX QUI CÔTOIENT LE DISPOSITIF

Les entretiens d'évaluation, ainsi que les réponses aux questions posées dans le cadre des enquêtes (Illustration 30 et Illustration 31 en particulier), sont l'occasion de recenser les principales forces et faiblesses du dispositif aux yeux de celles et ceux qui y ont participé. Les paragraphes qui suivent synthétisent les éléments régulièrement évoqués.

Les vertus des recherches appliquées et collaboratives sont régulièrement mises en avant.

La dimension expérimentale des recherches est également jugée importante. Les essais effectués sur des ouvrages en "grandeur nature" apparaissent comme un important levier de validation des résultats.

La longueur des projets nationaux est régulièrement énoncée comme une faiblesse du dispositif. Cette longueur est vue comme inhérente au phasage des projets :

- *des études préalables (opportunité, faisabilité et montage) sur une durée d'environ 2 années ;*
- *des recherches sur une période de 4 à 6 ans en moyenne ;*
- *une valorisation sur 2 années supplémentaires.*

Ainsi, la durée totale d'un projet, des études préalables au terme de la valorisation de ses résultats, s'étend sur 8 à 10 années. Pour des projets à forts enjeux économiques, un tel calendrier peut s'avérer rédhibitoire. A titre d'illustration, une grande partie du parc éolien français a été construite avant même de pouvoir disposer des résultats du projet SOLCYP, lesquels auraient permis d'améliorer la conception de ces parcs.

Les avis négatifs portés sur la durée des projets doivent être nuancés. En effet, la nature même des « produits » des projets nationaux (évolution des « règles de l'art », recommandations techniques, propositions d'évolutions normatives) nécessite l'établissement d'un certain consensus qui peut signifier un temps minimal de maturation.

### **31. UN CONTEXTE QUI RÉINTERROGE LES RÔLES ET CONTRIBUTIONS DES PARTENAIRES DU DISPOSITIF**

Le contexte actuel (budgets contraints de l'État et crise économique) a systématiquement orienté les entretiens sur les sujets du financement des projets nationaux et des rôles et contributions des différents acteurs.

Les avis et opinions exprimés sur le sujet ont été entendus (au même titre que ceux formulés sur les autres sujets en lien avec le dispositif évalué). En revanche, ils ne sont pas repris dans le rapport d'évaluation pour les raisons suivantes :

- *le sujet déborde des limites du champ fixé par les questions d'évaluation ;*
- *l'évaluation avait comme principal objectif de constituer une base d'éléments - aussi factuels et objectifs que possible – sur les retombées du dispositif permettant d'appuyer une réflexion sur son avenir potentiel.*

# RÉPONSES SYNTHÉTIQUES AUX QUESTIONS D'ÉVALUATION

L'évaluation des projets nationaux s'est construite autour d'une liste de questions produite par ses commanditaires (cf. § 3). Ce questionnement de départ a structuré la démarche évaluative et, par voie de conséquence, l'argumentaire présenté dans le chapitre « constats issus de l'analyse évaluative ».

Ce nouveau chapitre, complémentaire à celui sur les constats (qui propose une analyse évaluative structurée et transversale), présente les réponses aux questions évaluatives. Chaque réponse est formulée en quelques lignes et renvoie aux éléments qui, dans le corps du rapport, fondent cette réponse.

## 32. QUESTIONS PORTANT SUR LA REPRÉSENTATIVITÉ DES ACTEURS DU SECTEUR DU GÉNIE CIVIL AU SEIN DU DISPOSITIF

### 32.1. QUELLES ONT ÉTÉ LES PRINCIPALES ENTITÉS BÉNÉFICIAIRES DES TRAVAUX DE RECHERCHE SOUTENUS (ORGANISMES DE RECHERCHE, PME, GRANDS GROUPES, ETC.) ?

Les partenaires des projets ne sont pas tous concernés par les commandes de travaux réalisés. En règle générale, les partenaires qui bénéficient le plus des commandes sont les organismes de recherche. Une majorité de partenaires ne s'implique pas dans les commandes. L'implication dans les travaux de recherche soutenus est variable, adaptée aux projets, à la place qu'y occupent les partenaires et aux besoins en matière d'études, d'essais et d'expérimentations sur les chantiers.

Pour davantage de détails	
Données clés sur le dispositif	§ 11.3 et 11.4 Illustration 18
Constats évaluatifs	§ 21

### 32.2. LES PORTEURS DE PROJETS SONT-ILS REPRÉSENTATIFS DE L'ENSEMBLE DE LA COMMUNAUTÉ D'ACTEURS DES DOMAINES CONCERNÉS ?

Les données rassemblées dans le cadre de l'évaluation ne permettent pas de caractériser de manière systématique le profil des porteurs de projets (présidents et directeurs des projets nationaux). Cette question vise à vérifier si la prise en compte des enjeux et des préoccupations du génie civil s'opère comme conséquence de la représentativité des pilotes des projets. Ni les résultats des enquêtes, ni les entretiens

n'ont révélé de manques en la matière. De surcroît, le CODOR RGC&U évalue les projets qui lui sont soumis selon leur pertinence et leurs retombées pour la filière du génie civil.

<b>Pour davantage de détails</b>	
Résultats des enquêtes	Illustration 30
Constats évaluatifs	§ 12.2 § 20

### **32.3. QUELS (SOUS-)DOMAINES TECHNIQUES OU SCIENTIFIQUES ONT ÉTÉ SOUTENUS OU, À L'INVERSE, NÉGLIGÉS AU TRAVERS DU DISPOSITIF ?**

Près des trois-quarts des projets nationaux explorent des sujets en lien avec les bétons, les fondations et la géotechnique. S'agissant des bétons, les domaines de recherches portent sur l'évolution de ce matériau (gain en performance -résistance et thixotropie-, utilisation des fibres métalliques, etc.) et son utilisation dans les procédés de construction (routes, ponts et barrages). Les domaines approfondis par les recherches sur les fondations et la géotechnique sont ceux des techniques de renforcement (inclusions rigides et clouages des sols) et de leur application (procédés de construction). Plusieurs projets nationaux s'intéressent également au domaine de la maintenance et de la réhabilitation des ouvrages anciens. D'autres sujets ont moins concerné le dispositif. C'est le cas du domaine urbain compris au sens des liens entre génie civil et bâtiments. Les sciences humaines et sociales font aussi partie des domaines peu explorés par un dispositif essentiellement centré sur les sciences de l'ingénierie.

<b>Pour davantage de détails</b>	
Données clés sur le dispositif	Présentation des projets nationaux dans le document des 20 ans de l'IREX
Constats évaluatifs	§ 23

## **33. QUESTIONS PORTANT SUR L'IMPLICATION HUMAINE ET FINANCIÈRE DES PARTIES PRENANTES**

### **33.1. QUELS ONT ÉTÉ LES NIVEAUX D'ENGAGEMENT EFFECTIFS DES DIFFÉRENTES CATÉGORIES DE PARTENAIRES (ORGANISMES DE RECHERCHE, PME, GRANDS GROUPES, ETC.) ?**

Les niveaux d'engagement des partenaires dépendent des projets. En fonction des enjeux qu'ils traitent, des disciplines qu'ils nécessitent, les projets nationaux sont de nature à mobiliser un nombre plus ou moins important de partenaires. L'examen des catégories présentes et de leur niveau d'engagement met nettement en évidence la faible implication des collectivités territoriales dans le dispositif. Quelques projets réussissent à les mobiliser lorsque les sujets traités concernent directement leurs responsabilités et champ d'intervention.

<b>Pour davantage de détails</b>	
Données clés sur le dispositif	§ 9 § 11.5 Illustration 20
Résultats des enquêtes	§ 18.2
Constats évaluatifs	§ 20.2 § 20.3 § 20.4

### **33.2. COMMENT SE COMPARENT-ILS À CEUX OBSERVÉS AU SEIN D'AUTRES DISPOSITIFS COLLABORATIFS « ANALOGUES » À L'ÉTRANGER ?**

L'évaluation souligne l'unicité du dispositif au niveau national. La combinaison de l'ensemble de ses caractéristiques (recherches « bottom-up » en génie civil, recherches collaboratives, expérimentations en « grandeur nature », résultats partagés, retombées normatives, incubation d'innovation) ne trouve pas d'équivalent en France. L'exercice de comparaison n'a pas été mené à l'étranger ; il a finalement été jugé prioritaire de concentrer les efforts de l'évaluation sur le périmètre français.

<b>Pour davantage de détails</b>	
Constats évaluatifs	§ 29 Tableau 13

## **34. QUESTIONS PORTANT SUR LA STRUCTURATION DES ACTEURS DU SECTEUR DU GÉNIE CIVIL**

### **34.1. LES PROJETS ONT-ILS RÉELLEMENT PERMIS L'ÉMERGENCE D'UN SOCLE COMMUN DE DOCTRINES TECHNIQUES RECONNUES AU NIVEAU NATIONAL ? SI OUI, COMMENT LES CARACTÉRISER ?**

Les projets nationaux procurent sans équivoque, et selon celles et ceux qui connaissent le dispositif, un socle commun de doctrines (principes et règles constituant l'état de l'art). Ce socle se caractérise par l'ensemble des connaissances acquises (cf. réponses aux questions supra) ; lesquelles ont été reprises, à des degrés divers, dans les normes appliquées par les professionnels du secteur du génie civil.

<b>Pour davantage de détails</b>	
Résultats des enquêtes	Question 8 du Tableau 10
Constats évaluatifs	§ 24

### **34.2. LE CADRE COLLABORATIF DES PROJETS A-T-IL CONDUIT À L'ÉTABLISSEMENT DE NOUVEAUX PARTENARIATS ACADÉMIQUES ET/OU INDUSTRIELS POUR LA POURSUITE DE TRAVAUX DE R&D EN DEHORS DU DISPOSITIF OU LA CONQUÊTE DE MARCHÉS AU NIVEAU NATIONAL OU INTERNATIONAL ?**

Au terme des projets, les partenariats n'ont pas vocation à perdurer en tant que tels. Les projets nationaux concourent néanmoins à de nouvelles associations, réunissant à d'autres occasions (nouveaux projets de recherche, appels d'offres de marchés publics), les personnes et les entités qui ont appris à se connaître, à produire des résultats et à les partager.

<b>Pour davantage de détails</b>	
Résultats des enquêtes	Question 9 du Tableau 10
Constats évaluatifs	§ 22

### **34.3. QUELLES SONT LES FORCES ET FAIBLESSES DES ACCORDS DE CONSORTIUM SIGNÉS VIA LE DISPOSITIF, DANS UNE PERSPECTIVE DE PARTAGE ÉQUILIBRÉ DES RETOMBÉES DES TRAVAUX ?**

Chacun des projets nationaux fait l'objet de la signature d'une charte qui précise les droits de propriété des résultats ainsi que les actions de valorisation et de diffusion des connaissances. Ces chartes permettent le partage d'informations entre les partenaires. En amont de la signature des chartes, le CODOR RGC&U s'assure, lors des études effectuées préalables, de la pertinence des recherches et notamment de leur retombées partagées pour l'ensemble des partenaires.

<b>Pour davantage de détails</b>	
Données clés sur le dispositif	§ 12.2 § 13
Résultats des enquêtes	Questions 5 et 6 du Tableau 10

## **35. QUESTION PORTANT SUR L'OUVERTURE À DE NOUVEAUX ACTEURS**

### **35.1. LES PROJETS ONT-ILS IMPLIQUÉ DES ENTITÉS DONT LE CŒUR DES COMPÉTENCES NE RELÈVE PAS DU GÉNIE CIVIL ?**

Au-delà des acteurs attendus (maîtrises d'ouvrages, bureaux d'études et ingénieries, entreprises de travaux, de matériaux et d'équipements, équipes de recherches), les projets nationaux savent recruter des partenaires dont les expertises ne relèvent pas des disciplines habituelles du génie civil. L'implication dans les projets nationaux de chimistes, de spécialistes de l'imagerie numérique, de la fibre optique, d'informaticiens ou de représentants de services de secours constituent des exemples emblématiques de l'ouverture disciplinaire du dispositif.

Pour davantage de détails	
Constats évaluatifs	§ 22.2

### 35.2. QUELS SONT LES FREINS ÉVENTUELS À LEUR IMPLICATION ?

La visibilité des projets nationaux, les logiques des métiers (capacités à se comprendre) et un intérêt moins évident vis-à-vis des résultats des recherches constituent trois freins de nature à réduire la présence, dans les projets nationaux, d'entités dont le cœur des compétences ne relève pas du génie civil.

Pour davantage de détails	
Constats évaluatifs	§ 22.2

## 36. QUESTIONS PORTANT SUR LA PRODUCTION ET LE PARTAGE DE CONNAISSANCES SCIENTIFIQUES ET TECHNIQUES

### 36.1. QUELLES INCERTITUDES SCIENTIFIQUES ET TECHNIQUES ONT ÉTÉ EFFECTIVEMENT LEVÉES ?

Les projets nationaux permettent de lever de nombreuses incertitudes scientifiques et techniques dans les domaines qu'ils ont explorés (matériaux, géotechnique, procédés de construction). Les nouvelles connaissances scientifiques et techniques apportées par les projets se traduisent par la publication de guides de recommandations dont plusieurs d'entre eux sont en capacité de faire évoluer les normes.

Pour davantage de détails	
Résultats des enquêtes	Questions 4 et 8 du Tableau 10 § 17.5
Constats évaluatifs	§ 24.1 § 24.2 Tableau 12 Illustration 34

### 36.2. QUEL CORPUS DE CONNAISSANCES NOUVELLES ONT PRODUIT LES PROJETS ?

Il est difficile de résumer en quelques lignes les connaissances nouvelles apportées par les projets nationaux. Le chapitre du rapport d'évaluation relatif aux constats portés sur le dispositif comprend une partie dédiée aux connaissances nouvelles produites par les projets.

Pour davantage de détails	
Constats évaluatifs	§ 24.2

### **36.3. Y A-T-IL EU UNE MISE EN COMMUN EFFECTIVE DE CES CONNAISSANCES AU SEIN DE LA COMMUNAUTÉ DE CHERCHEURS ET D'INDUSTRIELS AU NIVEAU NATIONAL ? COMMENT S'EST OPÉRÉE CETTE APPROPRIATION ?**

Une mise en commun des connaissances acquises au terme des projets nationaux s'opère effectivement auprès des chercheurs et des industriels. Cette diffusion reste partielle. Une proportion non négligeable d'entreprises, et dans une moindre mesure d'organismes de recherches, ne connaît pas le dispositif. Une marge de progrès existe encore en termes de diffusion des connaissances acquises auprès des bénéficiaires concernés.

<b>Pour davantage de détails</b>	
Résultats des enquêtes	Question 5 Tableau 10 Question 6 Tableau 10 Illustration 31 § 17.2
Constats évaluatifs	§ 25.1 et 25.2

## **37. QUESTION PORTANT SUR LES RETOMBÉES NORMATIVES ET RÉGLEMENTAIRES**

### **37.1. LES TRAVAUX ONT-ILS EU UNE INCIDENCE TANGIBLE SUR L'ÉVOLUTION DES NORMES ET DES RÈGLEMENTS TECHNIQUES PROPRES AU SECTEUR DU GÉNIE CIVIL ?**

Les résultats des projets nationaux ont eu une incidence sur l'évolution des normes et règlements techniques du génie civil. Ces retombées ne sont pas immédiates et nécessitent un certain délai de maturation après l'obtention des résultats des projets. La production normative se réalise, par exemple, par l'intermédiaire de partenaires également impliqués dans des instances de normalisation.

<b>Pour davantage de détails</b>	
Résultats des enquêtes	Question 7 Tableau 10 Illustration 34
Constats évaluatifs	§ 24.4 Tableau 12

## **38. QUESTIONS PORTANT SUR L'INCUBATION D'INNOVATIONS**

### **38.1. QUELS SONT LES MATÉRIAUX, PROCÉDÉS OU SERVICES – NOUVEAUX OU AMÉLIORÉS – DONT LE DÉVELOPPEMENT EST LA PROLONGATION, DIRECTE OU INDIRECTE, DES TRAVAUX SOUTENUS ?**

Le dispositif produit des résultats qui constituent autant d'éléments susceptibles d'être repris par les entreprises pour développer de nouveaux produits ou de nouveaux services en écho aux besoins identifiés. Dans les faits, de telles innovations,



intervenant de manière indirecte et diffuse chez les entreprises, sont difficiles à caractériser et à quantifier.

<b>Pour davantage de détails</b>	
Constats évaluatifs	§ 26 Tableau 11 Illustration 35

## **38.2. QUELLES SONT LES PRINCIPALES ENTITÉS BÉNÉFICIAIRES DE CES INNOVATIONS ?**

Les entreprises, petites et grandes, sont les principales bénéficiaires. Elles exploitent les résultats des recherches en les adaptant à leurs spécialisations, leurs stratégies, leurs marchés.

<b>Pour davantage de détails</b>	
Constats évaluatifs	§ 26

## **39. QUESTION PORTANT SUR LE PILOTAGE ET LA COORDINATION ADMINISTRATIVE ET FINANCIÈRE DU DISPOSITIF**

### **39.1. L'ANIMATION D'UNE COMMUNAUTÉ DE CHERCHEURS ET D'INDUSTRIELS ET LE MAINTIEN D'UN LIEN ENTRE CETTE COMMUNAUTÉ ET L'ADMINISTRATION VIA LE DISPOSITIF APPORTENT-ILS DES BÉNÉFICES RÉELS ? SONT-ILS SUFFISANTS ?**

Les projets nationaux ont su mobiliser les acteurs de la filière du génie civil autour de questions techniques et scientifiques. Le dispositif a créé une communauté de chercheurs et d'industriels impliqués dans les projets. Les partenariats se prolongent au-delà du terme des projets. La communauté ainsi constituée s'apparente à un vivier de compétences, enrichies par les réflexions des projets, de nature à renforcer la filière française du génie civil.

<b>Pour davantage de détails</b>	
Données clés sur le dispositif	§ 9
Résultats des enquêtes	Questions 1 et 2 du Tableau 10
Constats évaluatifs	§ 20

### **39.2. LA COMPOSITION ET LES ATTRIBUTIONS DES INSTANCES DE GOUVERNANCE DU DISPOSITIF (COMITÉ D'ORIENTATION ET SECRÉTARIAT) SONT-ELLES ADAPTÉES ?**

L'organisation adossée aux projets nationaux est adaptée. Elle permet le bon déroulement des projets et la production de résultats. La durée des projets apparaît comme une moindre faiblesse, qui trouve son origine dans la façon de sélectionner et de conduire les projets.

<b>Pour davantage de détails</b>	
Résultats des enquêtes	Question 10 du Tableau 10 Illustration 30
Constats évaluatifs	§ 28

### **39.3. LES ACTIVITÉS DE COORDINATION ET DE GESTION ADMINISTRATIVE ET FINANCIÈRE DES PN ASSUMÉES PAR L'IREX CONCOURT-ELLES EFFICACEMENT AU MONTAGE, AU SUIVI ET À LA VALORISATION DES PROJETS ?**

L'IREX est en charge de l'accompagnement des projets émergents et de leur gestion administrative et financière. Sa présence contribue à la constitution progressive d'un portefeuille de projets structurés et à l'animation d'une importante communauté. La diffusion des résultats s'opère au moyen notamment des monographies que l'association contribue à publier. Les tâches assumées par l'IREX libèrent un temps certain aux équipes des projets qui peuvent se concentrer sur les travaux de recherche. Des marges de progrès en matière de communication sont encore possibles.

<b>Pour davantage de détails</b>	
Données clés sur le dispositif	§ 5 Illustration 6 Tableau 7 Illustration 30 Illustration 31
Résultats des enquêtes	Question 10 du Tableau 10
Constats évaluatifs	§ 28.2

---

# PRÉCONISATIONS POUR L'AVENIR DU DISPOSITIF

Les pages précédentes mettent en évidence les principaux points forts et points faibles d'un dispositif jugé globalement bénéfique.

L'objectif de ce chapitre est de proposer, à la lumière des conclusions de l'évaluation et selon les angles d'analyses demandés, quelques voies d'améliorations possibles remédiant aux faiblesses identifiées, dans la perspective d'un dispositif pérennisé.

Les préconisations sont présentées sans que soient détaillées les actions à engager et les conditions de leur mise en œuvre (moyens humains et financiers). Le principe recherché est de susciter, à partir de l'analyse évaluative, une réflexion ménageant une liberté dans la mise en œuvre éventuelle de ces recommandations.

## **40. SYNTHÈSE DES FORCES, DES FAIBLESSES, DES OPPORTUNITÉS ET DES MENACES ASSOCIÉES AU DISPOSITIF DES PROJETS NATIONAUX**

La synthèse des constats mis en évidence par l'exercice d'évaluation peut être utilement présentée sous la forme d'une analyse AFOM (pour Atouts / Faiblesses / Opportunités / Menaces). Les atouts correspondent à des points positifs internes au dispositif. Les faiblesses, comme les atouts, sont internes au dispositif mais elles en décrivent les points négatifs. Les opportunités et les menaces visent, elles aussi, à réunir les constats en points positifs et négatifs mais, cette fois, en référence à des facteurs exogènes au dispositif. L'illustration 37 résume, sous une forme schématique, le principe de répartition des constats dans l'AFOM.

L'AFOM permet de préciser, de façon exhaustive, les atouts à consolider, les faiblesses à palier, les opportunités à exploiter. Les menaces doivent être comprises comme des points de vigilance de nature à perturber, voire à remettre en cause, le système étudié.

## Évaluation du dispositif des projets nationaux Préconisations pour l'avenir du dispositif

L'AFOM apparaît donc comme une voie intéressante pour identifier les recommandations à formuler en écho à l'analyse évaluative. Ces recommandations viseront à maximiser les atouts en :

- *corrigeant les faiblesses ;*
- *bénéficiant des opportunités ;*
- *anticipant les menaces.*

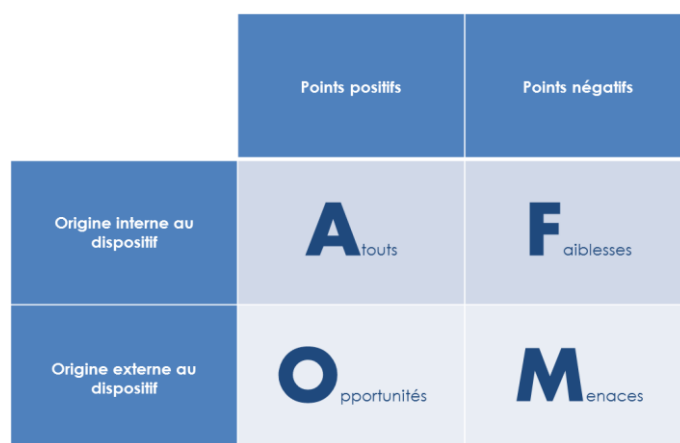
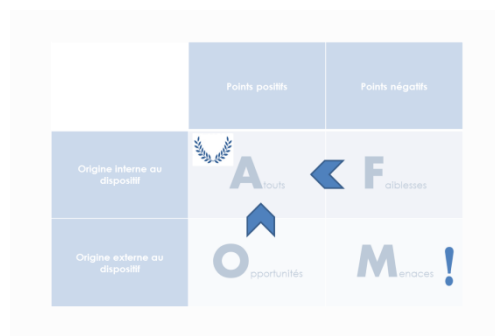


ILLUSTRATION 37 : SCHÉMATISATION DE L'ANALYSE AFOM

Les résultats de l'AFOM des projets nationaux sont présentés dans le Tableau 14.

<ul style="list-style-type: none"> <li>. Dispositif qui se poursuit depuis 1985 (A01)</li> <li>. Effet de levier des subventions publiques (A02)</li> <li>. Cotisations adaptées à la taille des partenaires (A03)</li> <li>. Importance des apports en nature des partenaires (A04)</li> <li>. Structuration d'une communauté d'acteurs du génie civil (A05)</li> <li>. Élargissement des partenariats à de nouveaux métiers (A06)</li> <li>. Production de nouvelles connaissances (A07)</li> <li>. Résultats qui influencent les normes (A08)</li> <li>. Présence d'une structure support, l'IREX, pour la gestion et l'animation du dispositif (A09)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>. Absence de certains sujets dans les recherches (F01)</li> <li>. Durées d'émergence et de réalisation parfois longues (F02)</li> <li>. Manque de visibilité du dispositif auprès des collectivités territoriales (F03)</li> <li>. Diffusion insuffisante des résultats des projets (F04)</li> <li>. Dispersion des données de suivi des projets nationaux (F05)</li> <li>. Confusion avec d'autres dispositifs de recherche en génie civil (F06)</li> <li>. Absence de stratégie d'ouverture des projets à l'international (F07)</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>. Complémentarité avec les autres dispositifs de recherche (O01)</li> <li>. Outil de structuration vis-à-vis de la concurrence étrangère (O02)</li> <li>. Levier d'efficience dans l'aménagement du territoire (O03)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>. Absence de perspectives en termes de soutien public aux recherches en génie civil (M01)</li> <li>. Manque de vision stratégique des enjeux de recherche en génie civil pour le futur (M02)</li> <li>. Manque de portage fort de la thématique génie civil par les autres « grands » dispositifs de recherche (M03)</li> <li>. Marché atone pour les entreprises (M04)</li> </ul>

TABEAU 14 : AFOM DES PROJETS NATIONAUX

## 41. PRÉCONISATIONS POUR L'AVENIR DU DISPOSITIF

### 41.1. [P1] ENVISAGER LES CONDITIONS DE PÉRENNISATION DU DISPOSITIF DES PROJETS NATIONAUX

Les retombées bénéfiques des projets nationaux énumérées précédemment justifient, par leur nombre et leur qualité, la recherche des conditions de pérennisation du dispositif.

### 41.2. [P2] RÉEXAMINER RÉGULIÈREMENT LES ENJEUX DU GÉNIE CIVIL ET LES QUESTIONS À RÉSOUDRE

Le caractère « bottom-up » du dispositif, combiné au rôle confié au RGC&U pour valider les projets de recherche présentés, nécessite d'être revisité afin :

- *de remédier au constat de l'existence de sujets moins couverts que d'autres ;*
- *d'éviter que des sujets ne puissent trouver leur place dans le dispositif du fait d'orientations trop rigides.*

Il est important qu'une réflexion stratégique sur les nouveaux enjeux du génie civil puisse être régulièrement conduite afin que soient identifiés les sujets les plus essentiels à traiter en distinguant :

- *les sujets dont la prise en charge relève de la responsabilité des entreprises ;*
- *les sujets d'intérêt général sur lesquels il est nécessaire d'investir collectivement afin d'en assurer un portage efficace.*

Le dispositif aura sans doute besoin d'un espace prospectif visant à décrypter, le plus en amont possible, les grands enjeux du futur. Une telle évolution se traduira par un rééquilibrage dans l'origine de la définition des projets qui pourront apparaître davantage « top-down ».

Pour mener à bien cette préconisation, il pourrait être décidé, par exemple, d'engager un projet spécifiquement centré sur ce sujet et dont l'objectif pourrait être d'évaluer le marché du génie civil, ses évolutions et ses trajectoires possibles (un SOST 2015 en quelque sorte).

### 41.3. [P3] IMPLIQUER LES COLLECTIVITÉS TERRITORIALES DANS LE DISPOSITIF

Si les collectivités territoriales n'ont pas vocation à être systématiquement partenaires des projets nationaux, elles gagneraient toutefois à être impliquées dans le dispositif de gouvernance global, dans la mesure où :

- *elles sont appelées à exprimer une part essentielle des besoins de la maîtrise d'ouvrage publique du secteur ;*

- *elles sont susceptibles de faciliter la mise en place de chantiers expérimentaux pour ces projets.*

Le dialogue qu'il conviendrait d'engager avec elles sur l'opportunité et les modalités de leur implication dans la perspective d'un dispositif pérennisé pourrait être mené de concert avec l'IDRRIM.

#### **41.4. [P4] CONSOLIDER ET ANIMER LA COMMUNAUTÉ ISSUE DES PROJETS NATIONAUX**

La mise en place des projets nationaux permet de constituer une communauté d'acteurs mobilisée autour des enjeux de leur filière économique. Actuellement, les occasions de remobilisation de cette communauté correspondent aux nouveaux projets ou aux opportunités de réponse à des marchés.

Il serait intéressant, au-delà de ces seules situations, de constituer un espace d'échange et de dialogue structuré, facilitant les relations et pérennisant les contacts. On peut penser pour cela à la mise en place d'une ressource wiki, du recours à un réseau social, etc. Il s'agirait pour l'essentiel d'alimenter la communauté en informations pertinentes pour la filière, qui permettent de prolonger les partages, au-delà du cadre strict des projets nationaux.

#### **41.5. [P5] CONSTRUIRE UNE OUVERTURE À L'INTERNATIONAL DU DISPOSITIF DE MANIÈRE À EN FAIRE UN ATOUT POUR LES ACTEURS FRANÇAIS DU GÉNIE CIVIL**

L'ouverture à des partenariats extérieurs aux frontières nationales apparaît comme inéluctable sous l'influence :

- *de la mondialisation des marchés du génie civil et de la nécessaire recherche d'efficacité économique qui en découle en raison de la mise en concurrence des entreprises françaises avec celles des pays émergents ;*
- *des programmes de recherche européens (H2020 en particulier) - aujourd'hui importants leviers de soutien à la R&D du secteur - qui nécessitent de monter des équipes de plusieurs nationalités.*

L'ouverture européenne du dispositif apparaît d'autant plus pertinente (voire nécessaire) que le niveau d'élaboration de certaines normes et recommandations techniques du secteur du génie civil est aujourd'hui européen.

Une stratégie d'ouverture à l'international, y compris sous la forme d'une participation à des appels à projets européens, serait donc à construire. Une telle ouverture doit pouvoir s'opérer tout en assurant une protection minimale des résultats des projets, lesquels doivent profiter prioritairement aux partenaires nationaux.

#### **41.6. [P6] POURSUIVRE L'EFFORT DE COMMUNICATION AUTOUR DES RÉSULTATS DES PROJETS NATIONAUX**

L'évaluation souligne des manques en matière de communication autour des projets nationaux se traduisant en particulier par :

- *une visibilité limitée auprès des collectivités territoriales ;*
- *un degré de connaissance partiel et hétérogène ;*
- *une confusion entre les projets nationaux et les projets d'autres dispositifs.*

Il convient donc de renforcer la communication. Cette préconisation est à relier aux préconisations [P2] et [P3].

Il serait en particulier intéressant :

- *de privilégier des éditions gratuites des monographies permettant de les réunir sur une même plateforme de diffusion et de garantir leur diffusion, sous forme numérique, sur le long terme ;*
- *de prévoir, dès le démarrage des projets, les technologies de l'information et de la communication facilitant l'animation des projets, l'information des partenaires, le partage des ressources et des résultats.*

Cette liste est, de toute évidence, non limitative. Les actions de communication doivent être définies avec soin pour chacune des voies de transfert des résultats qui présentent des besoins d'améliorations.

Cette préconisation doit également s'intéresser au suivi-évaluation du dispositif :

- *constitution d'une batterie d'indicateurs de suivi de l'avancement des projets, de l'engagement des partenaires, de la consommation des crédits, des commandes passées, des résultats obtenus (traçabilité des publications, des thèses, des post-doctorats, des monographies, etc.) ;*
- *suivi des indicateurs dans un tableau de bord.*

#### **41.7. [P7] ACCÉLÉRER LE TRANSFERT DES RÉSULTATS ET FACILITER LEUR DÉPLOIEMENT OPÉRATIONNEL**

Il s'agit ici d'adopter les mesures nécessaires pour maîtriser le temps qui sépare le lancement d'un projet de la diffusion de ses résultats. Cette préconisation est destinée à réduire les risques d'altération de la pertinence des résultats sous l'effet d'un temps trop long avant la mise à disposition de résultats exploitables.

La recherche d'une réduction du temps des projets ne doit cependant pas perdre de vue l'une des spécificités des projets nationaux : produire des « règles de l'art » nécessitant l'obtention préalable d'un large consensus entre acteurs concernés sur des sujets qui ne sont pas à l'avant-garde de la recherche.



Les leviers pour réussir cette préconisation sont :

- la maîtrise de la durée des études de validation préalables au lancement du projet ;
- l'accélération de la phase de diffusion des résultats ;
- la dynamisation de la cinétique d'utilisation des résultats par leurs bénéficiaires.

## 42. SYNTHÈSE DES PRÉCONISATIONS

Le Tableau 15 dresse un bilan des préconisations énumérées au terme de l'évaluation.

	Intitulé	Type	Priorité	Opérateur	Impacts
<b>[P1]</b>	Envisager les conditions de pérennisation du dispositif des projets nationaux	Pertinence des PN	1	Tous les partenaires	. Valoriser les atouts . Palier les faiblesses . Bénéficier des opportunités
<b>[P2]</b>	Réexaminer régulièrement les enjeux du génie civil et les questions à résoudre	Pertinence des PN	1	MEDDE RGC&U	(F01)
<b>[P3]</b>	Mobiliser et impliquer les collectivités territoriales dans le dispositif	Performance des PN	2	MEDDE IREX	(F03)
<b>[P4]</b>	Consolider et animer la communauté issue des projets nationaux	Performance des PN	3	IREX	(F03) – (F04) – (F06)
<b>[P5]</b>	Construire une ouverture à l'international du dispositif de manière à en faire un atout pour les acteurs français du génie civil	Performance des PN	3	Tous les partenaires	(F04) – (F07)
<b>[P6]</b>	Poursuivre l'effort de communication autour des résultats des projets nationaux	Visibilité des PN	2	MEDDE IREX	(F04) – (F05) – (F06)
<b>[P7]</b>	Accélérer le transfert des résultats et faciliter leur déploiement opérationnel	Performance des PN	2	Tous les partenaires	(F02) – (F04)

TABLEAU 15 : SYNTHÈSE DES PRÉCONISATIONS POUR LE FUTUR DES PROJETS NATIONAUX

## **LISTE DES PERSONNES AUDITIONNÉES DANS LE CADRE DE L'ÉVALUATION**

Jean-Pierre Auger, président de l'AITF

Pascal Bain, ANR, coordinateur scientifique du défi énergie propre, sûre et efficace, co-coordinateur du défi mobilité et systèmes urbains durables

Christian Bernardini, ancien délégué général de l'IREX, ancien directeur général de SETEC

Xavier Bès de Berc, adjoint au chef du bureau de R&D partenariale du MEIN

Philippe Bisch, directeur marketing mines, carrières et terrassement de Bergerat Monnoyeur France, président de l'association française de génie parasismique

Didier Brazillier, directeur de l'ingénierie à la DIR centre-est

François Buyle-Bodin, professeur au LGCgE, ancien chef de la MGC

Jean Chapon, ancien président du CORGEC, fondateur et ancien président de l'IREX

Hervé Charrue, directeur de la recherche et du développement du CSTB

Dominique Corvez, responsable Lafarge Ductal® Amérique du nord

Vincent Cousin, consultant en management de l'innovation

Christian Crémona, directeur du centre technique de l'ingénierie des ponts du CEREMA, ancien chef de la MGC

Félix Darve, professeur de géomécanique à l'INPG

Brice Delaporte, directeur technique de l'IREX

Louis Demilecamps, directeur scientifique Vinci construction, président du RGC&U

Serge Feneuille, ancien président du RGC&U

Jean-Jacques Fry, expert chez EDF-CIH, professeur à l'École Centrale de Lyon

Franck Gautheron, directeur d'Indura

Philippe Guédon, adjoint au chef du bureau de R&D partenariale du MEIN

Michel Gérard, expert en galeries multiréseaux

Frédéric Gluzicki, directeur de la publication de « béton magazine »

Bruno Godart, adjoint au responsable du département matériaux et structures de l'IFSTTAR

Philippe Gotteland, direction technique de la recherche à la FNTF

Bernard Halphen, directeur scientifique et technique du SETRA, ancien chef de la MGC

Anne-Marie Herbourg, présidente de l'ADSTD

Bernard Héritier, directeur technique Eiffage travaux publics

Thierry Kretz, directeur du département matériaux et structures de l'IFSTTAR

Pierre Labbé, expert risques sismiques chez EDF-DPI

Jacques Laravoire, ancien chef de la MGC

Pierre-Yves Legrand, directeur de Novaduid

Pascal Lemoine, directeur technique et de la recherche de la FNTF

Francis Malavergne, conseiller chez EGIS

Yves Malier, membre de l'Académie des Technologies

Jean-Louis Marchand, président d'Advancity, ancien directeur général adjoint d'Eurovia

Jacky Mazars, professeur en génie parasismique à l'INPG

Xavier Neuschwander, directeur général délégué d'Eurovia

Christian Parent, ancien président de l'IREX

Alain Puech, directeur technique Fugro France

Fabienne Ragache, adjointe au chef du bureau de R&D partenariale du MEIN

Michel Ray, directeur scientifique d'EGIS, vice-président d'Advancity

Jacques Roudier, président de l'IREX

François Schlosser, fondateur du bureau d'études Terrasol, membre du CFMS

## **LISTE DES MEMBRES DU COMITÉ DE PILOTAGE DE L'ÉVALUATION**

Patrice Bueso, MEDDE CGDD/DRI/SR, adjoint au chef du service de la recherche

Isabelle Camilier, MEIN DGE/SI, adjointe au chef du bureau des éco-industries et du développement industriel durable

Philippe Courtier, MEDDE CGDD/DRI/SR, chef du service de la recherche

Vincent Courtray, MEDDE DGPR/SRNH/BRNT, chef du bureau des risques naturels terrestres

Xavier Delache, MEDDE DGITM/SAGS/EP, sous-directeur des études et de la prospective

Pierre-Baptiste Delpuech, MEDDE DGITM/SAGS/EP, chargé de mission

Jean-Louis Durville, MEDDE CGEDD, ingénieur en chef des ponts, des eaux et forêts

Patrick-Paul Duval, MENESR DGRI/SSRI, chargé de mission

Sandrine Fauchet, MEDDE DGPR/SRNH/BRNT, adjointe au chef du bureau des risques naturels terrestres

Marie-Thérèse Goux, MEDDE DGITM/DIT/MARRN, responsable du domaine Politique technique routière

Thierry Hubert, MEDDE DGPR/SRNH, adjoint au chef du service des risques naturels et hydrauliques

Thibault Prévost, MEDDE CGDD/DRI/SR, chargé de mission

Frédéric Ruysschaert, MEDDE CGDD/DRI/AST, chargé de mission

Laurent Tapadinhas, MEDDE CGDD/DRI, directeur de la recherche et de l'innovation

Hervé Trancart, MEDDE CGDD/DRI/SR, chef de la mission génie civil

## **LISTE DES SIGLES ET ACRONYMES**

ADSTD : Association des Directeurs des Services Techniques Départementaux

AFGC : Association Française de Génie Civil

AFTES : Association Française des Tunnels et de l'Espace Souterrain

AITF : Association des Ingénieurs Territoriaux de France

ANR : Agence Nationale de la Recherche

AUGC : Association Universitaire de Génie Civil

BAEL : Béton Armé aux États Limites

BNTRA : Bureau de Normalisation des Transports, des Routes et de leurs Aménagements

BPEL : Béton Précontraint aux États Limites

BHP : Béton Haute Performance

BTP : Bâtiments et Travaux Publics

CCTG : Cahier des Clauses Techniques Générales

CCTP : Cahier des Clauses Techniques Particulières

CEBTP : Centre d'Expertise du Bâtiment et des Travaux Publics

CEREMA : Centre d'Études et d'expertise sur les Risques, l'Environnement, la Mobilité et l'Aménagement

CERIB : Centre d'Études et de Recherches de l'Industrie du Béton

CERTU : Centre d'Études sur les Réseaux, les Transports, l'Urbanisme et les constructions publiques

CETE : Centre d'Études Techniques de l'Équipement

CFMS : Comité Français de Mécanique des Sols et de géotechnique

CGDD : Commissariat Général au Développement Durable

CGEDD : Conseil Général de l'Environnement et du Développement Durable

CIGB : Comité International des Grands Barrages

CIH : Centre d'Ingénierie Hydraulique

CIR : Crédit d'Impôt Recherche

CODOR : COmité D'ORientation

CORGEC : Conseil d'ORientation pour la recherche et l'innovation en GENie Civil

CSTB : Centre Scientifique et Technique du Bâtiment

CTICM : Centre Technique Industriel de la Construction Métallique

DDE : Direction Départementale de l'Équipement

DGE : Direction Générale des Entreprises

DGITM : Direction Générale des Infrastructures, des Transports et de la Mer

DGPR : Direction Générale de la Prévention des Risques

DGRI : Direction Générale de la Recherche et de l'Innovation

DIR : Direction Interrégionale des Routes

DPI : Direction Production Ingénierie

EDF : Électricité De France

FHWA : Fédéral HighWay Administration

FIB : Fédération Internationale du Béton

FNTF : Fédération Nationale des Travaux Publics

FUI : Fonds Unique Interministériel

IDRRIM : Institut Des Routes, des Rues et des Infrastructures pour la Mobilité

IFSTAR : Institut Français des Sciences et Technologies des Transports, de l'Aménagement et des Réseaux

INDURA : INfrastructures DURables en Rhône Alpes

INPG : Institut National Polytechnique de Grenoble

IREX : Institut pour la Recherche appliquée et l'EXpérimentation en génie civil

LCPC : Laboratoire Central des Ponts et Chaussées

LGCgE : Laboratoire Génie Civile et géo-Environnement

LRPC : laboratoire Régional des Ponts et Chaussées

MEDDE : Ministère de l'Écologie, du Développement Durable et de l'Énergie

MEIN : Ministère de l'Économie, de l'Industrie et du Numérique

MENESR : Ministère de l'Éducation Nationale, de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche

MGC : Mission Génie Civil

PIA : Programme d'Investissements d'Avenir

PME : Petite et Moyenne Entreprise

PN : Projet(s) National(aux)

PSPC : Projets Structurants Pour la Compétitivité

RATP : Régie Autonome des Transports Parisiens

RGC&U : Réseau Génie Civil et Urbain

SETRA : Service d'Études sur les Transports, les Routes et leurs Aménagements

SNCF : Société Nationale des Chemins de Fer

SPECBEA : Syndicat Professionnel des Entrepreneurs de Chaussées en Béton et d'Équipements Annexes

SSRI : Service Stratégie pour la Recherche et l'Innovation

SYNTEC Ingénierie : Fédération des syndicats des professionnels de l'ingénierie

USIRF : Union des Syndicats de l'Industrie Routière Française

# ANNEXE 1 : LISTE DES PARTENAIRES DES 25 PROJETS NATIONAUX

## Administrations

---

AGENCE DE L'EAU SEINE NORMANDIE  
DIRECTIONS MINISTÉRIELLES  
SERVICES DÉCONCENTRÉS DES MINISTÈRES DONT  
DIRECTIONS DÉPARTEMENTALES DE L'ÉQUIPEMENT  
(16, 34, 57, 73, 74 ET 89)

## Bureaux d'études et ingénieries

---

ABROTEC	IOSIS INDUSTRIES
AGREPI	IUR DESCHIRON
ANTÉA	ISL
APSYS	OXAND
ARCADIS	RINCENT BTP SERVICES
BEC	SAFÈGE
BERTIN TECHNOLOGIE	SETEC
BRL	SCÉTAURROUTE
BUREAU VERITAS	SFPE
CEBTP	SITES
COYNE ET BELLIER	SOCOTEC
CSD FACES	SOGÉA CONSTRUCTION
EDG EUROPÉENNE DE GÉOPHYSIQUE	SOGRÉAH
EGIS	SOLEN ESSAIS
FIRE&CONSTRUCTION	SOLEN GÉODE
FUGRO FRANCE	SOCIÉTÉ DE MISE EN VALEUR AUVERGNE-LIMOUSIN
GÉODIA	SPK ENGINEERING
GÉOMÉCA	STRUCTURE ET RÉHABILITATION
GÉOSCAN	SYROKKO
GEOSTOCK	SYSTRA
HYDROVIDÉO	TELEREP
IMSRN	TERRASSOL
INGÉROP	TUC RAIL

## Collectivités territoriales et affiliés

---

CG 92	COMMUNAUTÉ URBAINE DE BORDEAUX
CG 94	COMMUNAUTÉ URBAINE DE LILLE
COMMUNAUTÉ URBAINE DE NANTES	COMMUNAUTÉ URBAINE DE STRASBOURG



## Évaluation du dispositif des projets nationaux Annexe 1 : liste des partenaires des 25 projets nationaux

---

COMMUNAUTÉ URBAINE DU GRAND LYON	SOCIÉTÉ DES EAUX DU NORD
COMMUNAUTÉ URBAINE DU GRAND NANCY	SOCIÉTÉ DU MÉTRO DE MARSEILLE
COMMUNAUTÉ URBAINE DU GRAND ROANNE	SYNDICAT MIXTE INTERRÉGIONAL D'AMÉNAGEMENT
DISTRICT DE L'AGGLOMÉRATION D'AMIENS	DES DIGUES DU DELTA DU RHÔNE ET DE LA MER
DISTRICT DE L'AGGLOMÉRATION DE NANCY	SYNDICAT MIXTE DES TRANSPORTS DE
GRENOBLE ALPES MÉTROPOLE	L'AGGLOMÉRATION LYONNAISE
RÉGION ÎLE DE FRANCE	VILLE DE BESANÇON
SOCIÉTÉ ANONYME DE GESTION DES EAUX DE PARIS	VILLE DE CAEN
SOCIÉTÉ D'ÉCONOMIE MIXTE PARIS SEINE-AMONT	VILLE DE GRENOBLE
EAUX DE VERSAILLES	VILLE DE MARSEILLE
SYNDICAT D'ASSAINISSEMENT DE LA RÉGION	VILLE DE NANTERRE
PARISIENNE	VILLE DE NANTES
SYNDICAT HYDRAULIQUE DU CROSNE ET DU PETIT	VILLE DE PARIS
ROSNE	VILLE DE RENNES
SYNDICAT INTERCOMMUNAL DU BASSIN	
D'ARCAÇON	

### **Entreprises de travaux**

---

AXIM	IHC MATÉRIAUX HYDRAULIQUES
BALINEAU	INCLUSOL
BARRIQUAND	INSTITUFORM
BAUDIN CHÂTEAUNEUF	INTRAFOR
BORIE SAE	JOSEPH PARIS
BOTTE FONDATIONS	KELLER FONDATIONS SPÉCIALES
BOTTE SONDAGE	LA FORÉZIENNE
BOUYGUES	LAFARGE
BOUYGUES OFFSHORE	LAFARGE COPPÉE
CAMPENON BERNARD SGE	MCCF
CHANTIERS MODERNES	MÉNARD RENFORCEMENT
DEMATHEU ET BARD	MÉNARD SOLTRAITEMENT
DEVIN LEMARCHAND	NORPARC
DG CONSTRUCTION	OUTINORD
DUMEZ	PÉRI SAS
DURMEYER	PIEUX OUEST
EIFFAGE	PROCÉDÉS TECHNIQUES DE CONSTRUCTION
EMCC	QUILLE
ÉTERNIT	QUILLERY
ETPO	RAZEL BEC
EUROSTEEL	SADE
FOSROC CIA	SAM
FOUGEROLLE BALLOT	SANEF
FRANKI	SATM
FREYSSINET	SÉFI
GFC	SIKA
GTM CONSTRUCTION	SIMECSOL
HUSSOR	SOGEA

## Évaluation du dispositif des projets nationaux

### Annexe 1 : liste des partenaires des 25 projets nationaux

---

SOLETANCHE-BACHY	SPIE FONDATIONS
SOLLAC	UNION TRAVAUX
SOTRAISOL	VINCI CONSTRUCTION
SPIE BATIGNOLLES	VIRY
SPIE CITRA	

### Organisations professionnelles

---

AFPC	EGF BATI
AFREM	FFB
AFTES	FNTF
AITF	FSTT
ASTEÉ	OTUA
ATILH	SNBPE
CEBTP	SNPPA
CFMS	SPECBEA
CIMBéton	STRRES
CSTC	UNICEM Auvergne
CTICM	USIRF

### Entreprises de matériaux et équipements

---

AQUAREX	HYTEC
ARCELOR	ISCHEBECK
AVLS	ITALCEMENTI GROUP
BEKAERT	JF TECH
BÉTON DE FRANCE	LAFARGE COPPÉE
BÉTONS DE PARIS	LEDUC
BÉTONS GRANULATS DU CENTRE	MATIÈRE
BMI	PÉCHINEY ELECTROMETALLURGIE
BONNA	PLASTICS EUROPE
CAPREMIB	PPB-SARET
CHRYSO	PREFAEST
CIMENTS D'OBOURG	PUTZMEISTER
CIMENTS D'ORIGNY	RHODIA CHIMIE
CIMENTS FRANÇAIS	RHÔNE POULENC
CIMENTS LAFARGE	RS AUTOMATION
CONDAT	SABLA
CONDENSIL	SAINT-GOBAIN
CTG CIMENTS FRANÇAIS	SAIPEM
ELECTRO BÉTON	SIFRACO
FEBELCEM	SIGMA BÉTON
FIBRES DE VERRE	SKAKO COUVROT
FOSROC	SOLFIBRES
GETEC	SURCHISTE
GTS INDUSTRIES	TENCATE
HOBAS	USINOR
HOLCIM	VICAT

## Maîtrises d'ouvrage

---

AÉROPORT DE PARIS	MARINE NATIONALE
AGENCE NATIONALE DE L'HABITAT	PORT AUTONOME DE BORDEAUX
AGENCE NATIONALE POUR LA GESTION DES DÉCHETS RADIOACTIFS	PORT AUTONOME DE DUNKERQUE
HÔPITAUX DE PARIS	PORT AUTONOME DE NANTES-SAINT NAZAIRE
AREVA	PORT AUTONOME DE PARIS
AUTOROUTES DU SUD DE LA FRANCE	PORT AUTONOME DE ROUEN
ATOFINA	RATP
COMMISSARIAT À L'ÉNERGIE ATOMIQUE	RFF
COFIROUTE	SOCIÉTÉ DES AUTOROUTES PARIS RHIN RHÔNE
COGEMA	SCNF
EDF	MARCHÉ INTERNATIONAL DE RUNGIS
EUROTUNNEL	SOCIÉTÉ DE CONSTRUCTION DES AUTOROUTES DU SUD ET DE L'OUEST DE LA FRANCE
GDF	TOTAL
GRAND PORT MARITIME DU HAVRE	VILLE DE PARIS
INSTITUT FRANÇAIS DU PÉTROLE	VNF
LYONNAISE DES EAUX	

## Organismes de recherches

---

BRGM	ESTP
CEMAGREF	EUDIL
CEREMA	IFSTAR
CERIB	INERIS
CERTU	INPG GRENOBLE
CETE (BORDEAUX, SUD-OUEST, LYON)	INSA LYON
CETMEF	INSA RENNES
CNAM	INSA ROUEN
CSTB	INSA STRASBOURG
ÉCOLE CENTRALE DE LILLE	INSA TOULOUSE
ÉCOLE CENTRALE DE LYON	IRSN
ÉCOLE CENTRALE DE NANTES	IUP CERGY-PONTOISE
ÉCOLE D'ARCHITECTURE DE NANTES	IUT BÉTHUNE
ÉCOLE DES MINES D'ALES	IUT DE SAINT-NAZAIRE
ÉCOLE DES MINES DE DOUAI	IUT GRENOBLE 1
ÉCOLE POLYTECHNIQUE FÉDÉRALE DE LAUSANNE	LAMH
ÉCOLES DES MINES D'ALES	LAMSID
EDF	LASAGEC
ENGEES	LCPC
ENPC	LERM
ENS CACHAN	LMDC TOULOUSE
ENSMP	LMT CACHAN
ENSOP	LNE
ENTPE	LPC EST PARISIEN

## Évaluation du dispositif des projets nationaux

### Annexe 1 : liste des partenaires des 25 projets nationaux

---

LPC LORRAINE	UNIVERSITÉ DE CLERMONT-FERRAND
LPC RHÔNE	UNIVERSITÉ DE GRENOBLE
LPC DE ROUEN	UNIVERSITÉ DE LILLE
LRPC DE PLUSIEURS RÉGIONS	UNIVERSITÉ DE LYON
POLYTECH LILLE	UNIVERSITÉ DE NANCY
PROFIL ARBED RECHERCHES	UNIVERSITÉ DE PARIS
RICHARD DUCROS	UNIVERSITÉ DE POITIERS
SETRA	UNIVERSITÉ DE SAVOIE
UNIVERSITÉ D'AIX EN PROVENCE	UNIVERSITÉ DE STRASBOURG
UNIVERSITÉ D'ARTOIS	UNIVERSITÉ DU HAVRE
UNIVERSITÉ DE BORDEAUX	
UNIVERSITÉ DE CANTERBURY	
UNIVERSITÉ DE CERGY PONTOISE	
UNIVERSITÉ DE CHAMPAGNE-ARDENNE	

---

## **ANNEXE 2 : CAHIER DES CHARGES DE L'ÉVALUATION**



MINISTÈRE DE L'ÉCOLOGIE, DU DÉVELOPPEMENT DURABLE  
ET DE L'ÉNERGIE

Commissariat Général au Développement Durable  
Direction de la Recherche et de l'Innovation  
Service de la recherche  
Mission génie civil et construction

**Marché à Procédure adaptée**

Passé en application de l'article 28 du code des marchés publics

**Objet du marché**

Évaluation externe du dispositif des « Projets nationaux »,  
programme de recherche appliquée et d'expérimentation en génie civil

**Cahier des clauses techniques particulières**

CGDD/DRI/SR 13MGCE003

**I. CONTEXTE**

Mis en place en 1985 dans le cadre du programme de recherche en génie civil porté par les ministères en charge de la Recherche et de l'Équipement, le dispositif des « *Projets nationaux (PN)* » soutient des travaux collaboratifs de recherche appliquée et d'expérimentation associant des représentants de toute la chaîne de l'acte de construire (e.g. maîtres d'ouvrage, maîtres d'œuvre, industriels fournisseurs de matières premières ou de composants de la construction, bureaux d'étude, organismes de recherche, écoles de formation).

Le dispositif incitatif sert plusieurs ambitions, parmi lesquelles :

- identifier et structurer les *besoins d'innovation partagés* par les maîtres d'ouvrage, les maîtres d'œuvre, les entreprises d'ingénierie, les laboratoires ;
- rapprocher la communauté scientifique du monde de l'entreprise pour un meilleur *transfert des connaissances* ;
- développer des *expérimentations en grandeur nature*, qui tiennent compte de la spécificité des ouvrages en génie civil, à la fois « prototypes et séries » ;
- constituer un corps novateur de doctrines techniques *reconnu* par toute la chaîne ;
- faire évoluer pratiques, normes et règlements techniques.

Les Projets nationaux ne satisfont à aucune orientation thématique établie *a priori* par le ministère dans le cadre d'appels formels. Ils répondent à un processus de maturation « bottom-up » par lequel des « porteurs » de projets, *en association avec l'IREX (Institut pour la Recherche appliquée et l'Expérimentation en génie civil [1])*, formalisent et proposent, auprès des pouvoirs publics, des travaux de recherche appliquée d'intérêt mutuel et à fort potentiel industriel – *appelant un appui fédérateur de l'État*.

Le ministère (MEDDE) a ainsi soutenu *en quelque vingt-cinq années plus d'une vingtaine de projets* d'expérimentation en génie civil couvrant un large spectre de sujets [2], de l'optimisation du matériau béton pour les structures porteuses au développement d'approches géotechniques dédiées à la reconnaissance et au renforcement des sols, de la formalisation de procédés de maintenance et de réhabilitation pour les infrastructures à l'intégration d'injonctions de durabilité aux pratiques et développements techniques du secteur (recyclage des matières, adaptation des ouvrages à la production d'énergies renouvelables, inclusion du sous-sol dans la planification urbaine).

Le dispositif s'appuie aujourd'hui sur une instance d'expertise et de conseil – le comité d'orientation du « *Réseau génie civil et urbain (RGC&U)* » [3], chargé par l'administration d'évaluer les études préparatoires et les projets finalisés – et sur un secrétariat, assumé par la « Mission génie civil et construction » du Service de la recherche au sein de la DRI (MEDDE).

Les PN associent un nombre important de partenaires institutionnels – oscillant, depuis la création du dispositif, entre 15 et 50. D'une durée moyenne de 6 ans, ils mobilisent un budget approximatif de 3 millions (± 2 millions) d'euros. L'IREX, association à but non lucratif créée en 1989 sous l'impulsion de la Fédération nationale des travaux publics (FNTP) et des ministères de l'Équipement et de la Recherche, joue un rôle déterminant dans le montage, la mise en œuvre et la valorisation des projets [1, 3].

Le présent CCTP comporte huit pages numérotées de 1 à 8.  
L'objet du présent appel d'offres est la sélection - par la Direction de la recherche et de l'innovation (DRI) au sein du Commissariat général au développement durable (CGDD) du ministère en charge du développement durable (MEDDE) - d'un prestataire qui réalisera une évaluation du dispositif des « Projets nationaux », programme de recherche appliquée et d'expérimentation en génie civil. Ces travaux seront entrepris sous le contrôle d'un comité de pilotage de l'évaluation.

Quels sont les matériaux, procédés ou services – nouveaux ou améliorés – dont le développement est la prolongation, directe ou indirecte, des travaux soutenus ? Quelles sont les principales entités bénéficiaires de ces innovations ?

- *Retombées normatives et réglementaires.*  
Les travaux ont-ils eu une incidence tangible sur l'évolution des normes et des règlements techniques propres au secteur du génie civil ?

- *Implication humaine et financière des parties prenantes.*  
Quels ont été les niveaux d'engagement effectifs des différentes catégories de partenaires (organismes de recherche, PME, grands groupes, etc.) ? Comment se comparent-ils à ceux observés au sein d'autres dispositifs collaboratifs « analogues » à l'étranger ?

- *Pilotage et coordination administrative et financière du dispositif.*  
L'animation d'une communauté de chercheurs et d'industriels et le maintien d'un lien entre cette communauté et l'administration via le dispositif apportent-ils des bénéfices réels ? suffisants ? La composition et les attributions des instances de gouvernance du dispositif (comité d'orientation et secrétariat) sont-elles adaptées ? Les activités de coordination et de gestion administrative et financière des PN assumées par l'IREX concourent-elles efficacement au montage, au suivi et à la valorisation des projets ?

*La démarche d'évaluation portera sur l'intégralité des 25 projets* dont les travaux sont résumés dans l'ouvrage dédié aux 20 ans de l'IREX [2]. Deux autres projets nationaux en cours – RECYBETON [6] et EMACOP [7] – pourront compléter cette base d'analyse. Toutefois, comme il est précisé ci-après, l'analyse affinée du dispositif pourra s'appuyer sur un ensemble représentatif de projets préalablement échantillonnés.

### III. CONTENU DE LA PRESTATION

La prestation comportera *deux phases de travaux* : une phase probatoire de développement et d'affinement méthodologiques, suivie d'une phase opérationnelle d'évaluation et de restitution.

#### III. A. PHASE PROBATOIRE : DÉVELOPPEMENT ET AFFINEMENT MÉTHODOLOGIQUES

Cette première phase de travaux consistera en l'élaboration d'une méthodologie d'analyse précise du dispositif PN, reposant sur des hypothèses vérifiables lors du processus d'évaluation et *permettant de répondre de manière spécifique, argumentée et illustrée aux questions posées par le commanditaire en article II.*

Les travaux comprendront :

- une étude documentaire portant sur l'intégralité des 25 projets nationaux, achevés ou en voie d'achèvement [2] ;
- la conduite d'entretiens avec les personnes que le prestataire jugera utile de consulter à ce stade de l'étude (membres du comité d'orientation du RGC&U, partenaires de PN, bénéficiaires potentiels des travaux, etc.) ;

Si une évaluation partielle du dispositif a été conduite dans les années 90 [4, 5], le dispositif dans son ensemble n'a jamais fait l'objet d'un audit indépendant approfondi, qui permette à la Direction de la recherche et de l'innovation de bénéficier d'un point de vue objectif sur les *retombées effectives de ces projets pour la communauté du génie civil français et pour les pouvoirs publics.* Le présent marché a pour ambition d'y remédier.

#### II. FINALITÉS DE L'ÉVALUATION DU DISPOSITIF DES PN

L'objectif général de cette évaluation est de déterminer si le dispositif des Projets nationaux, tel qu'il est mis en œuvre depuis sa création, répond effectivement aux attentes de la collectivité nationale en matière de production et de partage de nouvelles connaissances, d'incubation d'innovations, de structuration de communautés d'acteurs, de développement normatif ou réglementaire, d'efficacité financière.

Les questions auxquelles l'évaluation devra apporter des réponses sont rassemblées ci-après. Les réponses aux questions posées devront être complétées par des *recommandations en matière d'évolution du dispositif.*

##### - *Production et partage de connaissances scientifiques et techniques.*

Quelles incertitudes scientifiques et techniques ont été effectivement levées ? Quel corpus de connaissances nouvelles ont produit les projets ? Y a-t-il eu une mise en commun effective de ces connaissances au sein de la communauté de chercheurs et d'industriels au niveau national ? Comment s'est opérée cette appropriation ?

##### - *Représentativité des acteurs du secteur du génie civil au sein du dispositif.*

Quelles ont été les principales entités bénéficiaires des travaux de recherche soutenus (organismes de recherche, PME, grands groupes, etc.) ? Les porteurs de projets sont-ils représentatifs de l'ensemble de la communauté d'acteurs des domaines concernés ? Quels (sous-)domaines techniques ou scientifiques ont été soutenus ou, à l'inverse, négligés au travers du dispositif ?

##### - *Structuration de la chaîne d'acteurs du secteur du génie civil.*

Les projets ont-ils réellement permis l'émergence d'un socle commun de doctrines techniques reconnues au niveau national ? Si oui, comment les caractériser ? Le cadre collaboratif des projets a-t-il conduit à l'établissement de nouveaux partenariats académiques et/ou industriels pour la poursuite de travaux de R&D en dehors du dispositif ou la conquête de marchés au niveau national ou international ? Quelles sont les forces et faiblesses des accords de consortium signés via le dispositif, dans une perspective de partage équilibré des retombées des travaux ?

##### - *Ouverture à de nouveaux acteurs.*

Les projets ont-ils impliqué des entités dont le cœur des compétences ne relève pas du génie civil ? Quels sont les freins éventuels à leur implication ?

##### - *Incubation d'innovations.*

- l'élaboration d'une (ou de) grille(s) d'analyse détaillée(s) explicitant les critères – qualitatifs et/ou quantitatifs – à partir desquels l'évaluation proposée viendra substantiellement enrichir les analyses et retours d'expériences existants sur les projets. Il s'agira en particulier de proposer des éléments d'appréciation indépendants permettant d'interroger, aussi objectivement que possible, la réalité des retombées du dispositif au-delà des perceptions communément admises ;
- la participation à deux ou trois réunions du comité de pilotage au cours desquelles le prestataire présentera ses travaux ou projets de travaux.

Les documents qui seront mis à la disposition du prestataire au cours de cette phase seront, outre les références précédemment mentionnées [2, 4, 5], les rapports finaux et guides techniques des projets.

L'ensemble des travaux de cette première phase sera conduit en lien étroit avec la Direction de la recherche et de l'innovation, le comité de pilotage de l'évaluation et l'IREX. Une attention particulière sera portée par le prestataire au recueil, principalement au moyen d'entretiens, des attentes des commanditaires.

Au terme de cette première phase, un échantillon représentatif de PN, comprenant au moins dix projets, pourra être proposé par le prestataire. Si cet échantillon est validé par le comité de pilotage et par la Direction de la recherche et de l'innovation, il pourra constituer le support de l'évaluation en seconde phase.

#### Livrables attendus

- Sont attendus, sous format imprimé (deux exemplaires) et électronique éditables, les documents suivants :
- un rapport d'avancement en préalable à chaque réunion du comité de pilotage – fourni au moins dix jours avant chaque réunion – et un compte rendu de ces réunions transmis au plus tard dix jours après celles-ci ;
  - un rapport méthodologique explicitant la démarche d'évaluation proposée. Ce dernier intégrera les éléments qui seront utilisés pour la réalisation de l'audit : grille(s) d'analyse détaillée(s), sources d'informations / bases de données supports, procédures d'enquêtes ou d'entretiens définies, échantillon de projets proposé, etc. Y seront précisés les livrables de l'évaluation et leurs dates de transmission aux commanditaires.

#### Calendrier

Cette première phase de travaux débutera à la date de notification du présent marché. Elle s'achèvera au plus tard quatre mois après cette date par la remise au prestataire du compte rendu de décisions du comité de pilotage portant sur la validation du rapport méthodologique. Le prestataire s'engage à fournir tous les livrables prévus au titre de cette première phase dans un délai de onze semaines à compter de la date de notification du présent marché.

#### Suivi et réunions

Le prestataire tiendra informée par courriel, deux fois par mois, la Direction de la recherche et de l'innovation de l'avancée de ses travaux. Il répondra à ces occasions, par courriel, par téléphone ou *de visu*, aux questions que pourrait avoir la Direction de la recherche et de l'innovation sur ses comptes rendus d'avancement.

En outre, le prestataire participera à deux ou trois réunions du comité de pilotage au cours desquelles il présentera ses travaux ou projets de travaux.

*En cas de non validation du rapport méthodologique par le comité de pilotage, le commanditaire pourra arrêter l'exécution des prestations et résilier de plein droit le contrat alors être versées à ce dernier. Celles-ci n'excéderont pas 30% du montant global des travaux prévus dans le cadre du présent marché.*

#### III.B. PHASE OPÉRATIONNELLE : ÉVALUATION ET RESTITUTION

Cette seconde phase de travaux consistera en l'évaluation du dispositif PN à partir de la méthodologie validée en première phase, puis en sa restitution auprès de la Direction de la recherche et de l'innovation et du comité de pilotage.

Les travaux comprendront :

- l'évaluation du dispositif PN sur la base des éléments validés dans le rapport méthodologique de la première phase ; cette évaluation pourra s'appuyer sur un échantillon représentatif de projets validé au cours de cette même phase ;
- la conduite d'entretiens avec les personnes que le prestataire aura identifiées en première phase et communiquées au comité de pilotage ;
- la rédaction d'un rapport final détaillant l'ensemble de la démarche d'audit mise en œuvre, les réponses précises apportées aux questions d'évaluation et les recommandations en termes d'évolution du dispositif ;
- la participation à deux ou trois réunions du comité de pilotage – incluant une réunion de restitution finale – au cours desquelles le prestataire présentera ses travaux.

#### Livrables attendus

- Sont attendus, sous format imprimé (deux exemplaires) et électronique éditables, les documents suivants :
- un rapport d'avancement en préalable à chaque réunion du comité de pilotage – fourni au moins dix jours avant chaque réunion – et un compte rendu de ces réunions transmis au plus tard dix jours après celles-ci ;
  - un rapport final complet présentant l'ensemble des réponses précises aux questions d'évaluation posées et les recommandations formulées ;
  - une synthèse courte du bilan dressé n'excédant pas trois pages ;



- une note regroupant les recommandations formulées au terme de l'évaluation ;
- les supports des présentations utilisés pour les restitutions intermédiaires et la restitution finale.

#### Calendrier

Cette seconde phase de travaux débutera à la date de validation par le comité de pilotage du rapport méthodologique de première phase. Elle s'achèvera par la remise au prestataire du compte rendu de décisions du comité de pilotage portant sur la validation du rapport final. Le prestataire s'engage à fournir le rapport final d'évaluation dans un délai de huit mois à compter de la date de notification du présent marché.

#### Suivi et réunions

Le prestataire tiendra informée par courriel, deux fois par mois, la Direction de la recherche et de l'innovation de l'avancée de ses travaux. Il répondra à ces occasions, par courriel, par téléphone ou *de visu*, aux questions que pourrait avoir la Direction de la recherche et de l'innovation sur ses comptes rendus d'avancement.

En outre, le prestataire participera à deux ou trois réunions du comité de pilotage au cours desquelles il présentera ses travaux.

***Le versement du solde des sommes dues au prestataire au titre des travaux de la seconde phase ne pourra être opéré qu'après validation du rapport final par le comité de pilotage.***

#### IV. ORGANISATION DE L'ÉVALUATION

Le prestataire travaillera sous le contrôle du comité de pilotage, en cours de constitution. Le comité – d'une dizaine de membres – sera composé de représentants d'entités publiques et privées impliquées dans le soutien à la recherche en génie civil. Il pourra être secondé d'experts nationaux et internationaux reconnus dans le domaine. L'installation de ce comité est prévue pour novembre 2013. Son secrétariat sera assuré par la Direction de la recherche et de l'innovation. Cette dernière, en lien avec l'IREX, sera l'interlocuteur principal du prestataire pour le recueil des données.

#### V. PROPOSITIONS ATTENDUES

Les candidats devront fournir un mémoire technique (appropriation de la problématique, méthode de travail, échéancier indicatif, etc.) répondant au cahier des charges et une proposition financière détaillée. Celle-ci précisera notamment les coûts relevant de la première phase qui ne devront pas excéder 30% du montant global des travaux.

Une expérience dans le champ du génie civil et/ou le domaine des programmes de recherche sera appréciée.

***Les curriculum vitae de toutes les personnes engagées dans le projet devront être joints.*** La proposition fera apparaître la part que chaque personne impliquée consacra aux travaux.

***Une attention particulière sera portée par le commanditaire au champ des outils et méthodes d'évaluation proposés par les candidats pour répondre au cahier des charges et à la souplesse qu'ils formuleront dans leur projet de mise en œuvre.***

#### VI. CONFIDENTIALITÉ

Le prestataire s'engagera à garder confidentielle, pendant et après la période d'évaluation, toute information, de quelque nature que ce soit, reçue dans le cadre des deux phases de travaux du présent marché. La Direction de la recherche et de l'innovation pourra choisir de rendre public tout ou partie de ces informations.

#### VII. RÉFÉRENCES

- [1] <http://www.irex.asso.fr/>
- [2] [http://www.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/IREX\\_20ans\\_PN.pdf](http://www.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/IREX_20ans_PN.pdf)
- [3] <http://www.developpement-durable.gouv.fr/-Reseau-genie-civil-et-urbain-.html>
- [4] Rapport d'évaluation des programmes incitatifs de recherche en génie civil (PROGEC), Serge Feneuille (1996)
- [5] Propositions pour un deuxième Plan Génie Civil (1998-2002), Rapport Berthier/Darve (1997)
- [6] <http://www.pnrecybeton.fr/>
- [7] <http://www.emacop.fr/>

#### VIII. CONTACTS

Thibault Prévost – [thibault.prevost@developpement-durable.gouv.fr](mailto:thibault.prevost@developpement-durable.gouv.fr) – 01 40 81 28 00  
 Frédéric Ruysschaert – [frederic.ruysschaert@developpement-durable.gouv.fr](mailto:frederic.ruysschaert@developpement-durable.gouv.fr) – 01 40 81 26 96

---

## **ANNEXE 3 : SOST GÉNIE CIVIL DE 1984**

MINISTÈRE DE LA RECHERCHE  
ET DE LA TECHNOLOGIE

MINISTÈRE DE L'URBANISME,  
DU LOGEMENT ET DES TRANSPORTS

**CONSEIL D'ORIENTATION DE LA RECHERCHE EN GENIE CIVIL**

TEXTE DE BASE

DU

**SCHEMA D'ORIENTATION  
SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE**

**GENIE CIVIL**

Le présent document est le fruit de la réflexion collective sur l'orientation souhaitable de la recherche en génie civil, menée au sein du Conseil d'Orientation de la Recherche en Génie Civil (C.O.R.GE.C.) à partir de la version 0 du Schéma d'Orientation Scientifique et Technique Génie Civil établie par la Mission Scientifique et Technique du M.I.R.

(\*) Composition du C.O.R.GE.C.

- Président : Jean CHAPON  
Ingénieur Général des Ponts et Chaussées
- Vice-Présidents : Le Président de la Mission Scientifique et Technique (M.S.T.) du Ministère de l'Industrie et de la Recherche ou son représentant
- Le Directeur des Affaires Economiques et Internationales (D.A.E.I.) du Ministère de l'Urbanisme et du Logement ou son représentant

représentants des Ministères suivants :  
personnalités désignées en fonction de leur compétence

- |  |                 |
|--|-----------------|
| - Intérieur et Décentralisation... J. LEGRAND  | P. ACKER        |
| - Transports... CH. PAREY  | J. BONITZER     |
| - Sec. d'Etat chargé de la Mer... P. MONADIER  | J.-L. BRADLT    |
| - Défense... P. GENDROT  | F. CORDILLE     |
| - Agriculture... D. KALLAY   | J. DELACOUR     |
| - Industrie et Recherche... P. COUVEINHES  | Ph. HARIK       |
| - Education Nationale... J.-C. CURAUD  | R. LACROIX      |
| - Urbanisme et Logement... B. ROBERT   | A. LIANTAUD     |
| - le Président du Comité d'Action Concertée "Génie Civil" au Ministère de l'Industrie et de la Recherche... P. COUPRIE | L. LUPTAC       |
| - le Président de la Commission Technique de la Fédération Nationale des Travaux Publics... R. SOULAS                  | J.-C. MASO      |
|  | J. ROBERT       |
|  | Ph. BOURMEGUERE |

Le texte a été mis au point sous l'autorité du Président, Jean CHAPON par le Comité Exécutif du C.O.R.GE.C. :

- |                                  |                             |
|----------------------------------|-----------------------------|
| M. BRACHET (MIR/MST)             | M. MARTIN (MUL/DAEI)        |
| assisté d'un Comité de lecture : |                             |
| J. BONITZER (DR/CCIR)            | A. CHANGE-CARANE (MUL/DAEI) |
| M. FICHEUR (MIR/MST)             | R. ROBERT (MUL)             |
|                                  | J. LEGRAND (MID)            |

La rédaction des projets nationaux et des actions d'accompagnement a été arrêtée par le C.O.R.GE.C., sur la base d'un travail préparatoire effectué par :

- |                                     |   |
|-------------------------------------|---|
| J. BONITZER (MUL/CCIR)              | pour le projet national n° 11                           |
| M. CAUSSE & VILCOUREY (SETRA)       | pour le projet national n° 1                            |
| M. CHADVIN (LOR)                    | pour le projet national n° 1                            |
| V.-J. JAVIGNY (SOCIETE)             | pour le projet national n° 3                            |
| J. DELACOUR & Ph. OZANNE (MUL/DAEI) | pour le projet national n° 6                            |
| Ph. FICHEUR (LOR)                   | pour le projet national n° 10                           |
| Ph. JACQUES (MIR)                   | pour le projet national n° 4                            |
| J.-C. MASO (MIR)                    | pour le projet national n° 5 et 12                      |
| M. MARTIN (MUL)                     | pour le projet national n° 9                            |
| F. SCHUSSEL (SETRA)                 | pour le projet national n° 2                            |
| E. AERT (CEST)                      | pour "l'information scientifique et technique"          |
| J.-C. CURAUD (SEB)                  | pour "la formation"                                     |
| J. DELACOUR (LIF)                   | pour "les équipements lourds et spécialisés"            |
| Ph. HARIK (LIF)                     | pour "l'information scientifique et technique"          |
| M. LE PLANG (CCFC)                  | pour "les procédures administratives"                   |
| R. SOULAS (FFP)                     | pour "l'indication à la recherche dans les entreprises" |

Le présent document a été élaboré en vertu d'un Contrat d'Orientation de la Recherche en Génie Civil, dérivé conjointement du Ministère de

## S O M M A I R E

<b>PREAMBULE</b>	<b>NOTES DE POLITIQUE GENERALE</b>	1
<b>INTRODUCTION</b>	<b>DEFINITION DU DOMAINE</b>	12
	Définition de la recherche en génie civil	13
	Nomenclature	14
<b>TITRE I</b>	<b>DESCRIPTION DE L'EXISTANT</b>	16
I-1	Moyens mis en oeuvre et potentiel de recherche	17
I-2	Fiches descriptives de la recherche relatives à chaque thème de la nomenclature	30
I-3	Situation dans la compétition internationale	41
<b>TITRE II</b>	<b>PROPOSITIONS D'ACTIONS</b>	43
II-1	Considérations et recommandations générales	44
II-2	Présentation des actions préconisées	48
	Correspondance entre objectifs et sujets-clés	50
	Correspondance entre projets nationaux et objectifs	52
	Correspondance entre projets nationaux et sujets-clés	53
<b>II-2-A</b>	<b>SUJETS-CLES DE RECHERCHE</b>	55
	- Fiches de présentation des sujets de recherche amont	56
	- Fiches de présentation des sujets de recherche aval	65
<b>II-2-B</b>	<b>PROJETS NATIONAUX</b>	71
	- Liste des projets nationaux	72
	- Fiches de présentation des sujets de recherche aval	73
<b>II-2-C</b>	<b>ACTIONS D'ACCOMPAGNEMENT</b>	117
	- Formation	118
	- Informatique scientifique et technique	120
	- Procédures administratives	126
	- Appel à la responsabilité des maîtres d'ouvrage en matière de recherche en génie civil	131
	- Incitation à la recherche dans les entreprises	132
	- Equipements lourds et mi-lourds	135
<b>Annexe</b>	<b>Liste des sigles</b>	137

---

PREAMBULE

-----

NOTE DE POLITIQUE GENERALE

---

1.1. Les besoins d'aménagement

La France et les pays d'égal développement possèdent un très important patrimoine d'ouvrages en services dont l'entretien et d'une manière plus générale la gestion sont devenus un souci important des maîtres d'ouvrages. Dans la même préoccupation se situe la reconversion des ouvrages, parfois dans des proportions notables, pour leur maintenir une forme adaptée à un univers économique, social et humain dont l'évolution est aujourd'hui rapide.

Récemment des ouvrages originaux ont été réalisés -centrales nucléaires, plates-formes pétrolières en eau profonde- remplissant de multiples fonctions et très complexes. Leur caractère à haut risque, a conduit à repenser les notions de risque et de sécurité en distinguant d'une part l'endommagement sans autre conséquence qu'économique et d'autre part les dangers que leur ruine pourrait faire courir aux personnes et à l'environnement. Ces idées s'étendent maintenant à tous les ouvrages.

Citons enfin le développement urbain qui fait appel au génie civil pour de nombreux problèmes dont deux méritent d'être soulignés : faire face aux besoins croissants en eau des villes alors que les ressources sont limitées (une rareté n'est pas à exclure d'ici dix à vingt ans) ; utiliser au maximum le sous-sol superficiel et profond (réseau de transport, enfouissement de déchets, stockage de produits énergétiques, protection civile...)

Dans les pays neufs Les besoins en aménagement sont pratiquement illimités à courts échéances, spécialement pour : les infrastructures de transport nécessaires aux échanges économiques ; la gestion de l'eau dont la plupart de ces pays sont démunis ; le développement des villes qui accompagne, voire précède, le développement économique.

Toutefois, devant la concurrence des pays en cours d'industrialisation (INDE, COREE, BRÉSIL...), les professionnels français (ingénieurs et entreprises) ne pourront conserver et développer leurs positions qu'en offrant des services à forte valeur intellectuelle tels que la maîtrise des ouvrages exceptionnels par la taille ou les difficultés techniques, ou bien l'organisation et la gestion des grands chantiers complexes.

NOTE DE POLITIQUE GENERALE

Trois enjeux résument la politique actuelle de la France dans le secteur du B.T.P. :

- préparer l'adaptation de ce secteur par des recherches techniques mais aussi socio-économiques
- renforcer la compétitivité des entreprises françaises aussi bien en France qu'à l'exportation
- aider les P.E.D. en vue du rétablissement des équilibres Nord-Sud.

Présentation du génie civil

Le génie civil concerne la conception, la réalisation et la gestion de la structure des constructions afin qu'elle réponde au service qui lui est demandé (performances, durée, sécurité, adaptabilité) quand elle subit l'effet des actions naturelles, des charges et nécessités d'exploitation, ou de toute cause accidentelle.

Le génie civil couvre donc tous les ouvrages d'aménagement et d'équipement du territoire : infrastructures de transport terrestre et aérien ; ouvrages portuaires, maritimes et fluviaux ; équipements urbains, ruraux et industriels ; équipements de production d'énergie ; gros oeuvre du bâtiment.

Les problèmes qu'il traite concernent toute la vie des ouvrages : conception et exécution ; surveillance et entretien ; réhabilitation, reconversion ou démolition.

Le progrès des techniques intéresse les maîtres d'ouvrages, les maîtres d'oeuvre, l'ingénierie, les entreprises, les fournisseurs de matériaux, les fabricants de matériels.

1 - LE MONDE DU GENIE CIVIL

Avant de définir les orientations des recherches, examinons d'une part les besoins d'aménagement en distinguant les pays industriels et les pays neufs, chaque groupe ayant ses caractéristiques spécifiques et d'autre part l'activité professionnelle française sur les plans économique, technique et humain.

Il ne faut pas, cependant, négliger les secteurs de moindre technicité où la compétitivité, face à des coûts de main-d'œuvre inférieurs, reste possible grâce à l'utilisation accrue d'outils de grande performance, et à une excellente maîtrise de l'organisation des chantiers.

Il est donc nécessaire de mettre à profit les derniers apports des techniques avancées ; il est tout aussi essentiel de développer en France des chantiers expérimentaux à la fois comme terrain d'expérience pour les entreprises et comme vitrines du savoir-faire français.

Il faut enfin remarquer que les pays en développement ont, en général, des caractéristiques climatiques, économiques et humaines très différentes des nôtres ; une simple adaptation des règles de l'art habituelles est souvent insuffisante. Peu à peu, ces pays devront se doter d'un véritable corps de doctrines techniques propre, qui utilise leurs ressources naturelles et leurs valeurs humaines ; il est conforme, à la fois à son rôle traditionnel et à ses intérêts, que la France les y aide.

Enfin, des territoires nouveaux commencent à être exploités et équipés, comme la zone arctique ou les océans par très grands profondeurs ; la France doit se mettre dès maintenant en condition d'accéder avec succès à ces marchés.

### 1.2. L'activité professionnelle

Sur le plan économique, l'activité peut se mesurer à partir du chiffre d'affaires des entreprises où se repercutent, pour la plus grande part, la fourniture de matériels et le marché de matériels. En faisant quelques hypothèses sur cette répartition ainsi que sur la part du génie civil comprise dans les statistiques concernant le bâtiment, et en comptabilisant au pourcentage l'ingénierie, l'activité du génie civil en France peut être estimée à plus de 200 milliards de francs en 1982.

De la même manière on peut estimer les emplois directement intéressés à plus de 1 000 000 de personnes.

Hors métropole, une estimation faite selon la même méthode donne un

chiffre de plus de 50 milliards de francs, avec une part respectable de la moitié de cette valeur, l'activité étant essentiellement centrée sur l'Afrique, le Moyen-Orient et l'Asie du Sud-Est.

Sur le plan technique, l'innovation a précédé et précèdera toujours la compréhension précise des phénomènes ; l'exemple des cathédrales est classique, mais des techniques récentes, la terre armée par exemple, se sont développées de la même manière. La justification des décisions et la validation des procédés font alors référence à l'expérience d'ouvrages témoins, techniquement proches, et donnant satisfaction.

La recherche permet, dans une deuxième phase, d'avancer dans la compréhension, d'affiner les calculs et les outils et d'augmenter les performances. Elle utilise en parallèle la réflexion et l'expérimentation (en laboratoire et en vraie grandeur), et se concrétise par des règles techniques.

Le progrès avance pas à pas ; cette méthode sera toujours valable.

Mais actuellement se produit un changement d'échelle dont l'ampleur équivaut à une véritable mutation.

L'environnement naturel, autant que l'ouvrage lui-même, sont des milieux très complexes que l'ingénieur devrait jusqu'à présent réduire à une image simplifiée pour rester maître des calculs ; des coefficients de sécurité globaux assuraient les marges nécessaires.

Aujourd'hui, grâce à l'informatique, il est possible de donner une dimension supplémentaire au nombre de paramètres analysés, et d'approcher d'un grand pas la réalité physique ; la modélisation a pris également une nouvelle échelle.

Mais alors il faut pousser beaucoup plus loin la connaissance des phénomènes : mesure fine des actions s'exerçant sur l'ouvrage, approfondissement des lois de comportement des matériaux... C'est un vaste champ de recherches.

Sur le chantier, cet affinement des techniques peut être exploité grâce aux performances nouvelles que peuvent avoir les matériaux et les matériels de chantier renouvelés par des technologies modernes.

Sur le plan humain, l'usage des secteurs du B.T.P., renforcés par les médias, n'est pas celui d'un secteur avancé, ni au plan technique, ni pour les conditions de travail.

Pour les personnels de chantier, il est vrai que les ouvriers sont exposés aux intempéries, que les ouvrages sont souvent éloignés des lieux habités (parfois à l'étranger ou en haute mer), que les chantiers sont des organisations éphémères moins sophistiquées que celles des usines. Les conditions de travail sont parfois dures et le taux d'accidents plus élevé qu'ailleurs.

En revanche l'initiative personnelle, que les nouvelles formes d'organisation du travail cherchent à rendre à l'ouvrier, est toujours restée considérable dans le B.T.P. où le "taylorisme" n'a pas de sens. L'aventure humaine y est très vivace et cet aspect mérite d'être souligné car le côté aventureux n'est pas nécessairement lié à la rudesse des conditions de travail. La formation et la qualification des ouvriers est d'autant plus nécessaire.

Pour les Cadres supérieurs, le génie civil n'a pas été suffisamment considéré comme un secteur de haute technicité et la primauté a trop été donnée aux fonctions de commandement au détriment des rôles de spécialistes ; la formation dans les écoles d'ingénieurs a amplifié ce mouvement sans toutefois enseigner suffisamment les techniques du management.

Une évolution a commencé depuis quelques années dans les écoles, en même temps que le génie civil faisait son entrée dans l'Université et au C.N.R.S.

La mutation technique aussi bien que le besoin de proposer à l'étranger des services de grande valeur intellectuelle, commandent de développer cette évolution par tous les moyens : formation, aménagement des politiques de carrières, y compris même, en faisant appel aux médias pour donner une image du génie civil attractive.

## 2 - LES OBJECTIFS DE LA RECHERCHE EN GENIE CIVIL

L'examen rapide de la situation actuelle et de l'évolution prévisible, à court et moyen termes, a permis de faire apparaître les domaines et les directions où les efforts de recherche et les actions d'accompagnement seront les plus utiles aux professionnels.

Dans l'immédiat, sept objectifs sont retenus :

### 1. VISER LA PERFORMANCE ALLIANT TECHNIQUE ET ECONOMIE

Le but est non seulement la réalisation d'ouvrages "prestigieux" pour la réputation du génie civil français (par exemple des ponts de très grande portée), mais aussi d'obtenir des progrès spectaculaires dans la voie de la recherche permanente des meilleures performances sous tous les plans, pour le meilleur coût.

Les champs de recherche concernent aussi bien l'établissement de nouvelles règles de l'Art, par exemple pour des voies nouvelles de développement du matériau béton, que des procédés de construction comme le creusement des tunnels de grand diamètre en terrain difficile, ou le développement des techniques de gestion des grands chantiers.

### 2. MIEUX MESURER LE RISQUE ET MIEUX GARANTIR LA SECURITE

C'est l'exigence de sécurité de l'ouvrage fini qui est visée, sous l'influence des aléas d'exploitation, des risques naturels majeurs ou des effets perturbateurs de la nature (corrosion...). Citons parmi les recherches à mener : l'étude du comportement, au niveau granulaire, d'un matériau aussi hétérogène que le béton ; l'étude du comportement de l'ouvrage au-delà des limites d'utilisation normale ; la prise en compte de la probabilité de dépassement des limites d'endommagement ou de ruine partielle acceptée comme non dangereuse pour les personnes et pour l'environnement.

Les concepts modernes ouvrent la porte à des méthodes probabilistes de calcul qui se discutent à l'échelle mondiale.

Il est important de souligner l'incidence sur la sécurité, des responsabilités respectives des participants à l'acte de construire, conséquence de l'organisation et des structures de décision ; une réflexion approfondie doit être engagée sur ce sujet dans un cadre approprié.

### 3. MODERNISER LE GENIE CIVIL

Le génie civil est resté trop à l'écart du grand mouvement des techniques avancées qui s'est produit dans d'autres disciplines et n'a pas suffisamment bénéficié des avantages offerts par les technologies modernes et en particulier



par l'informaticque : conception et fabrication assistées par ordinateur ; systèmes de gestion de bases de données documentaires ou géographiques (climatologiques, hydrologiques, économiques...) ; nouveaux supports d'information (fibres optiques par exemple).

Les matériels de chantier vont eux-mêmes subir des mutations profondes, robotisation par exemple, qui les rendront plus performantes et d'un emploi plus aisé ; le marché international est demandeur de tels engins.

L'instrumentation et les matériels de mesure enfin, utilisant toutes les ressources des sciences mathématiques et physiques (traitement d'images, modèles numériques, générateurs de neutrons, micro-ondes, laser, espans...) ont un grand avenir.

C'est un véritable transfert de technologie qui est visé.

#### 4. AMELIORER LES CONDITIONS DE TRAVAIL DE CHANTIER

La revalorisation nécessaire des métiers du B.T.P. passe par une amélioration des conditions de travail, d'hygiène et de sécurité des personnels de chantier.

Sur le plan de la sécurité, les facteurs en jeu sont divers. L'organisation des postes de travail, et, auparavant, la conception même des ouvrages qui commande le mode de réalisation, sont des facteurs fondamentaux ; des recherches ont été faites mais doivent être amplifiées.

Mais il faut surtout souligner l'importance que prennent les réactions psychologiques des personnes, dans les situations où le danger est latent ; des recherches systématiques et approfondies sur ce sujet sont indispensables afin de trouver les moyens de mieux adapter les hommes à ces situations (sensibilisation, formation spéciale, qualification appropriées...).

#### 5. MEUX GERER LE PATRIMOINE

Sont concernés la surveillance, l'auscultation, l'entretien, la mesure de la résistance résiduelle après vieillissement, la réparation, le renforcement, la modification, la reconstruction partielle, d'une façon générale tous les aspects du maintien ou de l'adaptation des ouvrages existants à leurs fonctions.

Outre l'intérêt pour la conservation de l'important patrimoine de la France, cet objectif vise à donner de précieuses indications pour la construction elle-même et d'une manière générale pour apprendre à faire mieux.

#### 6. COOPERER D'AVANTAGE AVEC LES P.E.D.

Le but est d'aider ces pays à se doter d'un corps de doctrine technique qui leur soit propre. Parmi les actions possibles, on peut citer une meilleure connaissance des milieux physiques (relief, climat, hydrographie) par des méthodes modernes telles que l'utilisation des satellites ; la substitution à des matériaux onéreux et importés, de matériaux locaux abondants et de faible coût ; des recherches sur le comportement du béton dans des conditions locales défavorables des nôtres (climat, qualité des granulats).

Ces recherches doivent se faire conjointement avec les laboratoires et les compétences des pays concernés.

En retour, des normes locales, mais imprégnées de nos modes de pensée, faciliteront l'adaptation des professionnels français aux marchés de ce pays.

#### 7. SE PREPARER AUX BESOINS DE L'AVENIR

Le but est d'anticiper l'évolution des besoins et de se mettre en mesure de répondre sur le plan technique aux demandes futures, en France et à l'étranger.

Certaines orientations paraissent assez claires (on a cité les zones arctiques et l'exploitation des océans en eau très profonde). Actuellement il ne semble pas qu'une révolation profonde soit en vue sur les matériaux de base, le béton et l'acier restant les matériaux du génie civil par excellence.

Cependant une réflexion plus approfondie s'impose en se fixant des horizons qui tiendront compte des échelles de temps très particulières du B.T.P. ; plusieurs mois pour la construction d'un ouvrage, de nombreuses décennies pour sa durée de vie.

### 3 - VOIES ET MOYENS

Pour atteindre ces objectifs, différents moyens sont proposés :

#### 3.1. L'orientation des recherches

Si la description de la recherche est faite dans le cadre d'une nomenclature par thèmes qui se veut exhaustive et pérenne, deux approches sont présentées pour définir les directions dans lesquelles les recherches devraient être orientées et les actions sélectionnées.

D'une part, pour l'acquisition de connaissances de fond, une approche par grands sujets-clés faisant appel à plusieurs des thèmes de la nomenclature (par exemple "sécurité" ou "modélisation des matériaux et codes de calcul"). Cette approche convient aux recherches de base jusqu'aux frontières de la recherche appliquée ; les conditions de développement sont traitées plus loin.

D'autre part, pour les recherches appliquées, une approche opérationnelle par l'organisation de projets nationaux, autour de sujets situés au centre des préoccupations des membres de la Communauté du génie civil dans son ensemble, et sur lesquels ils sont prêts à conjuguer leur action : une douzaine de projets ont été retenus. Une organisation spécifique "par projet" devra être mise en place pour coordonner les efforts, sous la forme de structures de concertation d'une durée limitée, comportant notamment la désignation d'un pilote, personnalité choisie en fonction de sa compétence sur le sujet, liée à un organisme pouvant apporter un soutien logistique (entreprise, laboratoire, bureau d'étude, association technique). Les ouvrages exceptionnels peuvent servir de support à certains de ces projets.

#### 3.2. La réalisation des conditions indispensables au succès

- En premier lieu, créer un réseau de communication. La principale difficulté à laquelle se heurte le progrès dans le génie civil, est le manque de relations entre les intéressés, par nature très dispersés.

Les Associations Techniques et Sociétés Savantes jouent un rôle important et elles doivent être encouragées et aidées. Mais une action plus vigoureuse doit être menée. Les liens entre la recherche et l'activité des constructeurs se sont distendus, les données fondamentales sont devenues insuffisantes pour combler les lacunes de connaissances que ressentent les concepteurs.

A cet égard, il est primordial de développer la dialogue sur le terrain, confrontation féconde entre les problèmes réels et les connaissances et préoccupations des chercheurs.

C'est dans ce but que le Ministère de l'Industrie et de la Recherche et le Ministère de l'Urbanisme et du Logement ont mis en place une procédure d'Action Concertée pour mener des recherches de base, en mettant en rapport les organismes de recherche expérimentale et théorique et les utilisateurs. De même afin que le génie civil exploite mieux le potentiel de recherches, de connaissances et de moyens existants dans les autres domaines de l'industrie, voire même dans d'autres secteurs du génie civil, tous les efforts doivent être faits pour multiplier les liens et augmenter l'information réciproque.

- La formation mérite une mention particulière :

#### • Formation à la recherche :

Un appauvrissement du vivier des enseignants-chercheurs pourrait avoir des conséquences graves sur le nombre de chercheurs ; la situation actuelle est de ce point de vue préoccupante.

#### • Formation par la recherche :

La recherche est une excellente école de rigueur scientifique et une prise de conscience par de futurs techniciens des possibilités et du développement de la technique. Le rapprochement très étroit des centres d'enseignement et des laboratoires doit être poursuivi. En particulier toute école d'ingénieurs devrait posséder ses laboratoires propres, à l'intérieur même de son enceinte, pour imprégner tous les élèves de l'esprit de la recherche.

Enfin la formation est un moyen privilégié pour faire passer les progrès de la connaissance dans le monde des utilisateurs ; la formation scolaire doit bénéficier des derniers acquis des laboratoires : le rôle des enseignants-chercheurs est primordial. La formation permanente post-scolaire doit être développée.

- L'expérimentation en vraie grandeur doit être développée pour permettre à la recherche de passer du stade du laboratoire à celui de la réalisation, et aussi pour servir de vivier de savoir-faire français ; cette action implique la définition de modalités administratives et financières à mettre au point, avec les maîtres d'ouvrages, en particulier pour les ouvrages dont l'Etat a la responsabilité directe.

- Dans les grandes opérations, doit être mis en place systématiquement un Responsable de la Recherche, chargé de susciter, à l'occasion des problèmes posés par l'écaille exceptionnelle de l'opération, un programme de recherche associant d'autres partenaires.

- L'instrumentation courante et systématique des ouvrages doit devenir la règle. Ceci exige, bien évidemment un effort sur de longues durées de relevés des mesures et de l'exploitation des résultats.

- Enfin l'image du génie civil doit être améliorée dans le grand public ainsi que chez les jeunes afin de les attirer vers cette profession.

### 3.3. Le déroulement de mesures d'accompagnement

Farmi les très nombreuses mesures que les responsables devront imaginer pour aider au développement et à la valorisation des recherches, on peut citer dès maintenant :

- La mise en place de cellules de réflexion prospectives, prolongeant les développements et tendances actuelles, pour le long terme
- La création d'une revue de portée internationale
- L'augmentation de la présence française dans les instances et manifestations internationales
- La généralisation de recherches menées en collaboration avec des pays étrangers et notamment avec les pays dont les techniques sont les plus en pointe
- L'organisation d'un observatoire technologique rassemblant le maximum d'informations sur les progrès de la connaissance en France et à l'étranger : il pourrait prendre la forme d'un très large rassemblement international annuel, qui regrouperait et harmoniserait les nombreux colloques spécialisés ayant lieu actuellement, leur donnant ainsi plus d'efficacité.

INTRODUCTION  
-----

DEFINITION DU DOMAINE

## INTRODUCTION - Définition du domaine.

### Définition de la recherche en génie civil

La recherche en génie civil est l'acquisition des connaissances et des données, et la création des outils conceptuels et matériels nécessaires pour maîtriser la réalisation des ouvrages et travaux de génie civil, en vue d'atteindre les divers objectifs fixés par les maîtres d'ouvrage en liaison avec les professions concernées.

Les disciplines scientifiques et techniques auxquelles elle fait appel, sont aussi diverses que les objets qu'elle concerne.

Pour faciliter la description et la programmation de la recherche ainsi que l'exploitation des résultats, une nomenclature détaillée de la recherche en génie civil est proposée ci-après.

Une nomenclature de la recherche présente un grand intérêt pour le génie civil dont les partenaires sont très divers, mais pour que cette nomenclature soit utile à toute la communauté du génie civil non seulement scientifique et technique, mais aussi économique et industrielle, il serait souhaitable que les différentes nomenclatures dans lesquelles le génie civil est concerné soient "harmonisées".

La nomenclature complète du génie civil proposée est conçue pour permettre de décrire toute la recherche par les équipes pérennes, et d'identifier les acteurs et leur domaine de "compétence pointue" avec la précision nécessaire pour bien connaître la communauté scientifique et technique du génie civil.

### Nomenclature de la recherche en génie civil

Les lignes thématiques au niveau 3<sup>(+)</sup> sont les suivantes :

3.7.1. Connaissance du milieu naturel

3.7.2. Actions imposées aux ouvrages

3.7.3. Matériaux spécifiques du génie civil

3.7.4. Conception, justification, exécution et suivi des ouvrages

3.7.5. Moyens et méthodes d'instrumentation et d'auscultation

Compte tenu du fait que la finalité de la recherche en génie civil est un objet concret, mais que des approches différentes et complémentaires sont choisies par les différentes équipes de recherche, il est proposé pour chaque thème- une nomenclature basée sur la combinaison de deux classements :

- un classement -"objet" codé par des chiffres

- un classement -"approche et moyens" codé par des lettres

Une telle nomenclature alphanumérique permet à chaque équipe de recherche de se situer pour décrire ses travaux de façon fine, et à la communauté du génie civil de bien connaître le potentiel de recherche et d'identifier les compétences.

La nomenclature alphanumérique relative à chaque ligne thématique est présentée dans les tableaux 3.7.1. à 3.7.5. ci-après.

(+) Les lignes thématiques aux niveaux 1 et 2 sont fixées dans la nomenclature générale du S.O.S.T.

NOMENCLATURE DE LA RECHERCHE EN GENIE CIVIL

3.7. GENIE CIVIL

Ligne 3.7.1. CONNAISSANCE DU MILIEU NATUREL

Nomenclature "Objet"	Nomenclature "approche et moyens"
1. Terrains de fondation et milieux souterrains	A. Géologie
2. Atmosphère	B. Climatologie et météorologie
3. Milieux marins	C. Océanographie
4. Milieux fluviaux	D. Hydrologie et sédimentologie
	E. Caractérisation des propriétés (mécaniques, hydrauliques, physico-chimiques, thermiques...)
	F. Modélisation
	G. Méthodes et moyens d'observation et d'investigation
	a - in situ (topographie terrestre, sondages, géophysique...)
	b - à distance (télédétection...)
	H. Cartographie
	I. Etudes d'impact

- 15-1 -

NOMENCLATURE DE LA RECHERCHE EN GENIE CIVIL

3.7. GENIE CIVIL

Ligne 3.7.2. ACTIONS IMPOSEES AUX OUVRAGES

Nomenclature "Objet"	Nomenclature "Approche et moyens"
1 ACTIONS NATURELLES	A. Analyse qualitative des effets des actions sur les ouvrages
1 Phénomènes telluriques (séismes, mouvements de terrains)	B. Caractérisation
2 Agents atmosphériques (vents, pluie, neige, glace, ensoleillement, foudre...)	C. Simulation
3 Actions de la mer (houle, courants...)	D. Modélisation
4 Actions des fleuves	E. Lois de distribution et probabilité d'occurrence simultanée de plusieurs actions
5 Autres	F. Méthodologie (enquêtes, analyse de données, synthèses)
2 ACTIONS D'EXPLOITATION	
1 Trafic (routes, ouvrages d'art, pistes, voies ferrées...)	
2 Remplissage (barrages, silos...)	
3 Fonctionnement des équipements des ouvrages (vibrations des machines...)	
4 Autres	
3 ACTIONS ACCIDENTELLES liées aux activités humaines	
1 Impacts, chocs...	
2 Incendies, explosions...	
3 Courants vagabonds	
4 Autres	
4 ACTIONS D'ORIGINE INTERNE AU MATERIAU	

- 15-2 -

3.7. GENIE CIVIL

Ligne 3.7.3. MATERIAUX SPECIFIQUES D'EMPLOI EN GENIE CIVIL

Nomenclature "Objet"	Nomenclature "Approche et moyens"
1 MATERIAUX METALLIQUES	A. Identification
1. Armatures des bétons (passives-actives)	B. Caractérisation technologique (propriétés "d'usage" et méthodes d'essais)
2. Armatures des sols	C. Modélisation (phénoménologique...)
3. Aciers de construction	D. Lois de comportement
4. Câbles	E. Evolution de la structure et de la composition, dans le temps, et en fonction de l'environnement
5. Alliages légers	F. Règles de compatibilité entre deux matériaux et lois de comportement de leur liaison
2 COMPOSITES A SQUELETTE GRANULAIRE	G. Génie des matériaux (formulation, processus de fabrication et mise en oeuvre)
1. Graves traitées	H. Procédés de conservation, protection et consolidation
2. Bétons hydrauliques	I. Banques de données (règles de constitution et de gestion)
3. Bétons hydrocarbonés	
4. Autres	
3 GRANULATS (sables graves non traitées)	
4 ROCHES	
5 SOLS	
6 BOIS	
7 GEOTEXTILES ET GEOMEMBRANES	
8 MATERIAUX NOUVEAUX EN GENIE CIVIL (plastiques, fibres de verre, colles....)	
9 SOUS PRODUITS, DECHETS et MATERIAUX DE RECUPERATION	
10 AUTRES PRODUITS	
1. Produits d'étanchéité (bitumes...)	
2. Produits de réparation (résines...)	
3. Adjuvants et additifs	
4. Autres	
11 Liants hydrauliques... cf SOST "matériaux industriels")	

- 15-3 -

NOMENCLATURE DE LA RECHERCHE EN GENIE CIVIL

3.7. GENIE CIVIL

Ligne 3.7.4. CONCEPTION - JUSTIFICATION - EXECUTION ET SUIVI DES OUVRAGES

(+) Nomenclature "Objet"	(+) Nomenclature "Approche et moyens"
1. INFRASTRUCTURES DE TRANSPORTS TERRESTRES ET AERIENS	A. FONCTIONNEMENT GLOBAL
1 Routes, voies ferrées et pistes	a. de structures idéales
2 Ouvrages d'art (ponts routiers, ferroviaires)	b. de structures réelles à l'état neuf
3 Ouvrages souterrains (tunnels...)	c. de structures endommagées
4 Téléphériques	B. FONCTIONNEMENT LOCAL
5 Autres	C. INTERACTIONS
2. OUVRAGES PORTUAIRES ET LITTORAUX	a. sol-structure
1 Ouvrages d'accès et de protection	b. entre parties d'ouvrages
2 Ouvrages d'accostage et d'amarrage	c. entre l'ouvrage et son environnement (houle, courant, vent, neige...)
3 Défense et aménagement du littoral	D. MECANISMES DE RUINE
4 Autres (forme de radoub...)	E. INFORMATIQUE
3. OUVRAGES EN MER	a. conception assistée par ordinateur
1 Plateformes pétrolières	b. logiciels de calcul
2 Usines flottantes	c. logiciels d'exécution
3 Bouées - Phares	F. ANALYSES DES DONNEES DU COMPORTEMENT DES OUVRAGES EN SERVICE
4 Têtes de rejet en mer des centrales nucléaires	G. SIMULATIONS
5 Autres	H. CODES DE CALCUL
4. OUVRAGES FLUVIAUX et de RETENUES D'EAU	
1 Barrages	
2 Ecluses	
3 Aménagement de section courante des rivières et canaux	
4 Autres (ponts - canaux...)	

(+) Pour ce thème pourrait être prévue une troisième nomenclature à combiner avec les deux premières présentées ici ("objet" et "approche") nomenclature "techniques de construction" (béton armé, précontraint, construction métallique, mixte...)

- 15-4 -

Ligne 3.7.4. CONCEPTION - JUSTIFICATION - EXECUTION ET SUVI DES OUVRAGES (Suite)

(+) Nomenclature "Objet"

(+) Nomenclature "Approche et moyens"

5. EQUIPEMENTS INDUSTRIELS
  - 1 Enceintes du stockage (gaz liquéfiés...)
  - 2 Enceintes de réacteurs nucléaires
  - 3 Génie civil d'usines hydroélectriques, thermiques...
  - 4 Gazoducs, oléoducs
  - 5 Autres (éoliennes, réfrigérants...)
6. EQUIPEMENTS URBAINS ET RURAUX
  - 1 Réservoirs d'eau potable
  - 2 Silos
  - 3 Equipements sportifs (stades, piscines...)
  - 4 Parkings et aménagement de voirie
  - 5 Réseaux (adduction d'eau, assainissement, énergie, communication...)
  - 6 Autres
7. GENIE CIVIL DU BATIMENT ("GROS OEUVRE")
  - 1 Immeubles de grande hauteur
  - 2 Autres
8. OUVRAGES A USAGES DIVERS
  - 1 Fondations profondes
  - 2 Ouvrages de soutènement et remblais
  - 3 Aménagements en souterrain (galeries, usines...)
  - 4 Couvertures (voiles minces, à câbles...)
  - 5 Chemins

- I. PROCÉDES DE CONSTRUCTION, ENTRETIEN REPARATION ET TRANSFORMATION
  - a. amélioration des performances
  - b. sécurité des personnes
  - c. économie d'énergie
- J. MATERIELS D'EXECUTION
- K. CONTROLE INTEGRE A L'EXECUTION
  - a. moyens
  - b. méthodologie
- L. CONCEPTION GLOBALE
  - a. optimisation technique (performance, durabilité)
  - b. optimisation économique (coût, énergie, matière)
  - c. sécurité (à la construction, en service)
- M. METHODOLOGIE DE SURVEILLANCE ENTRETIEN et REPARATION

NOMENCLATURE DE LA RECHERCHE EN GENIE CIVIL

3.7. GENIE CIVIL

3.7.5. MOYENS ET METHODES D'INSTRUMENTATION ET D'AUSCULTATION

Nomenclature "Objet"

Nomenclature "Approche et moyens"

1. DETERMINATION DE GRANDEURS MESURABLES OU REPERABLES
  - 1 Déplacements
  - 2 Déformations
  - 3 Forces
  - 4 Contraintes et pressions
  - 5 Température
  - 6 Hygrométrie
  - 7 Masse volumique
  - 8 Dimensions
2. ETAT DES MATERIAUX EN PLACE
  - 1 Fissuration et endommagement
  - 2 Altérations physico-chimiques
  - 3 Porosité
  - 4 Présence d'eau libre
  - 5 Identification d'éléments de composition

- A. PHENOMENES PHYSIQUES UTILISES
  - a. optiques
  - b. acoustiques
  - c. rayonnement
  - d. chimiques
  - e. électriques
  - f. électrochimiques
  - g. physico-chimiques
  - h. magnétiques
  - i. mécaniques
- B. MOYENS MATERIELS D'INTERVENTION
- C. TRAITEMENT DES DONNEES OBSERVEES OU MESUREES



TITRE I  
-----

DESCRIPTION DE L'EXISTANT

## I - 1 MOYENS MIS EN OEUVRE ET POTENTIEL DE RECHERCHE EN GENIE CIVIL

### Préambule :

Les moyens mis en oeuvre et le potentiel de recherche en Génie Civil sont difficiles à bien cerner et a fortiori, à estimer quantitativement.

Cette situation résulte :

- de données nationales statistiques peu appropriées à une telle estimation
- de l'éclatement des équipes de recherche, et des sources de financement
- de l'absence d'une communauté scientifique focalisée sur le Génie Civil.

### A - MOYENS EXISTANTS DANS LES ORGANISMES DE RECHERCHE

#### A.1. MOYENS RECENSES EN 1983

Les données présentées dans cette version n°1 du S.O.S.T. sur les moyens mis en oeuvre et le potentiel de recherche en Génie Civil résultent :

- d'un premier recensement des opérations de la recherche en Génie Civil effectué par l'Association Française de Recherches et d'Essais sur les Matériaux et les Constructions "A.F.R.E.M." à la demande de la D.A.E.I du M.U.I en 1980, complété par les résultats, d'une étude sur les activités de recherche en Génie Civil développées au sein des formations universitaires effectuée par l'Association des Universitaires du Génie Civil "A.U.G.C." à la demande la Mission Scientifique et Technique "M.S.T." du Ministère de l'Industrie et de la Recherche "M.I.R." en accord avec la Direction des Recherches du Ministère de l'Education Nationale "M.E.N." en 1982.

- d'une enquête lancée après le colloque "Génie Civil et Recherche" des 16-17 Juin 1983, par la M.S.T., dont l'objet était d'estimer quantitativement l'effort de recherche en Génie Civil (celle qu'elle est délimitée par la nomenclature de la version 0 du S.O.S.T.), organismes identifiés à l'issue de l'enquête, de l'étude et du colloque précités.

Etant donné que les organismes privés n'ont pu être consultés, et que quelques organismes publics n'ont pas répondu à l'enquête (ceux pour lesquels le Génie Civil est marginal), les moyens réels sont supérieurs à ceux mentionnés.

L'analyse des informations recueillies jusqu'au 10 Juin 1984 permet d'avancer les données 1983 présentées dans les tableaux joints, synthétisées et commentées ci-après :

- 20 centres définis comme un ensemble d'agents placés sous une autorité unique de gestion et d'animation scientifique et technique :
- affectent au moins dix agents (\*) à la recherche Génie Civil
- réunissent ensemble une population de .....

... 1 000 agents (\*) chercheurs, enseignants-chercheurs, ingénieurs et techniciens

- ont affecté ensemble aux travaux de recherche un budget de.....

..... 220 MF (1983) dont 25 % environ proviennent de contrats :

- contrats de recherche sur crédits incitatifs du budget civil de recherche et développement
- contrats d'études passés avec les grands maîtres d'ouvrages, bureaux d'études ou entreprises.

(\*) de qualification supérieure ou égale à celle de technicien supérieur.

Le tableau II de présentation de l'implantation de ces centres conforma 3 grands pôles régionaux

- un pôle ILE DE FRANCE avec ≈ 500 agents
- un pôle RHONE-ALPES avec ≈ 100 agents
- un pôle BRETAGNE-PAYS DE LOIRE avec ≈ 100 agents

Des centres d'importance non négligeable se trouvent cependant répartis dans le reste de la France, et notamment à TOULOUSE, comme le montre la carte du tableau II.

Deux caractéristiques importantes de ces centres sont leur diversité et leur complémentarité :

1 - Diversité en matière de :

- . effectif (\*)  
variant de moins de 10 à près de 100 unités ou plus (pour le réseau des Laboratoires des Ponts et Chaussées (L P C) : -275-)

- . statut  
couvrant à peu près tous les statuts possibles pour un organisme de recherche comme l'indiquent les données du tableau I

- . tutelle  
liées à l'origine de leurs ressources récurrentes provenant essentiellement (en plus du Budget Civil de Recherche et du Développement (B C R D) des budgets de directions ministérielles de plusieurs ministères

- . nature d'activités  
en dehors de la recherche en Génie Civil (essais courants, études particulières, expertises, formation...)

- . ancienneté  
variant de l'ordre de 10 ans ou moins pour les centres universitaires, à plus de 100 ans pour le Laboratoire Central des Ponts et Chaussées (L C P C)

2 - Complémentarité en matière de :

- . objets de la recherche pôles des équipes de recherche appliquée des centres techniques et services de l'Etat
- . méthodes d'approche pôles des équipes de "recherche amont" concentrées dans les centres d'enseignement
- . domaine "pointu" par excellence les équipes ou experts reconnus au niveau international sont disséminés dans les divers centres
- . liens avec les différents partenaires (maîtres d'ouvrages publics et privés, maîtres d'oeuvre, entreprises) et le Centre National de la Recherche Scientifique (C N R S)

(\*) de qualification supérieure ou égale à celle de technicien supérieur

La répartition de l'effort de recherche de l'ensemble de ces centres entre les grands thèmes de recherche peut être caractérisée par le nombre d'agents consacrant des travaux à chacun d'eux :

Thème	Nombre d'agents (*)
1 - connaissance du milieu naturel	71
2 - actions imposées aux ouvrages	114
3 - matériaux spécifiques à l'emploi en Génie Civil	380
4 - conception - justification - exécution et suivi des ouvrages	362
5 - moyens et méthodes d'instrumentation et d'auscultation	137

#### A.2. MOYENS POTENTIELS IDENTIFIES EN 1984

En plus des agents dont les travaux ont pour finalité le Génie Civil, ont été signalées dans les réponses à l'enquête M.S.T. des possibilités de contribution d'agents spécialisés dans des disciplines de base de secteurs d'activité connexes au Génie Civil : il s'agit notamment d'équipes de recherche en mécanique, hydraulique, acoustique, informatique, traitement du signal, mathématiques appliquées... actives dans différents organismes tels que les Universités de Paris (Dauphine, Pierre et Marie Curie...), l'Université de Technologie de Compiègne, les Instituts de Physique du Globe, les Laboratoires d'Hydraulique...

Postérieurement à l'enquête, d'autres équipes de recherche dans différents organismes - non consultés du fait que leurs activités principales sont très éloignées du Génie Civil - se sont fait connaître par leur réponse à l'appel d'offres Génie Civil lancé en Février 1984, ou par leur participation à différentes manifestations organisées récemment en France - notamment "les journées de mécanique aléatoire" des 12-13-14 Juin 1984 - : il s'agit du C.E.N.C. de Grenoble, de l'I.R.I.S.A. (I.N.R.I.A. Rennes).

L'apport de ces équipes pourrait être important pour l'évolution du Génie Civil au sens traditionnel et limitatif en France ("résistance des matériaux", "mécanique des sols", "mécanique des roches") dans le passé.

#### B - MOYENS MIS EN OEUVRE PAR LES ENTREPRISES ET SOCIETES D'INGENIERIE PRIVEES

Il n'a pas été possible jusqu'ici de recenser dans les mêmes conditions les moyens consacrés à la recherche-développement ou prospective par les entreprises, sociétés d'ingénierie.

Mais la Fédération Nationale des Travaux Publics (F.N.T.P.) a accepté de prendre en charge l'estimation de l'effort de recherche des entreprises de Travaux Publics.

Il n'était pas possible pour la F.N.T.P. de donner des éléments quantitatifs pour cette première version du S.O.S.T. mais elle a donné les informations qualitatives suivantes (\*):

Les activités de recherche dans des entreprises de Travaux Publics s'exercent essentiellement dans le cadre de trois types d'actions :

1 - La Fédération Nationale des Travaux Publics finance des programmes d'études et recherches, sur des thèmes arrêtés par sa Commission Technique, sur proposition de groupes de travail formés par des représentants des entreprises.

Ces programmes sont réalisés par le C.E.B.T.P. et se situent principalement dans les trois domaines suivants :

- Technologie du béton et progrès dans la conception d'ouvrages en béton
- Fondations, soutènements et consolidation de sols
- Routes et revêtements de sols extérieurs.

(\*) Communication de la FNTP, 28 mai 1984.

De son côté, la Chambre Syndicale des Sociétés d'Etudes et de Conseils (synthec) fera connaître l'effort de recherche et développement de ses adhérents.

#### C - MOYENS MIS EN OEUVRE PAR LES MAITRES D'OUVRAGES

Il restera, pour présenter de façon exhaustive les acteurs de la recherche et du développement en Génie Civil, à appréhender les moyens consacrés par la DEFENSE et par les maîtres d'ouvrage autres que l'Etat (notamment CEA, EDF, GDF, RATP, SNCF) aux nombreux travaux de recherche qui s'effectuent à l'occasion des grands travaux ou des travaux exceptionnels.

#### D - CONCLUSIONS PROVISOIRES SUR L'EFFORT DE RECHERCHE EN

##### GENIE CIVIL

Compte-tenu de la situation décrite ci-avant, l'effort de recherche national ne peut être estimé qu'avec un très large intervalle d'incertitude.

L'indicateur généralement retenu pour caractériser un effort de recherche dans un secteur déterminé est le rapport du montant des dépenses de recherche au chiffre d'affaires du secteur.

Dans le cas du Génie Civil, où le chiffre d'affaires inclut une part prépondérante de matériaux et de matériels, alors que la recherche correspondante n'est pas - dans une large mesure - prise en compte dans le domaine de recherche en Génie Civil, l'indicateur proposé est le rapport du montant des dépenses de recherche à la valeur ajoutée par les entreprises, qui représente environ 40 à 50 % du chiffre d'affaires.

En 1983, la valeur ajoutée du Génie Civil est estimée à 90 Milliards de francs environ.

Etant donné que le budget de recherche recensé dans les organismes de recherche publics et professionnels (qui n'ont pas tous répondu) - à l'exclusion des centres de recherche des sociétés privées notamment -

Dans le même esprit, la FNTP prend diverses initiatives destinées à encourager la recherche et l'innovation : organisation de colloques et de séminaires, Prix annuels de l'Innovation, etc...

2 - Certaines entreprises de Travaux Publics disposent de Services de Recherche, souvent équipés de Laboratoires. Il s'agit principalement :

- d'entreprises de spécialités, dont l'activité exige qu'elles présentent sans cesse des améliorations de procédés, notamment en matière de sols et fondations, de revêtements routiers, etc...

- de grandes entreprises, à vocation générale, dont les bureaux d'études consacrent des budgets à la mise au point de conceptions d'ouvrages ou de procédés nouveaux.

Il faut souligner la création, en 1982, d'un nouveau Syndicat de Spécialité, le Syndicat National des Entrepreneurs Spécialistes de Travaux de Réparation et de Renforcement de Structures "STRESS", qui se consacre à des recherches, dans un domaine dont l'importance est croissante et qui s'est notamment fixé comme objectif l'élaboration de recommandations techniques précisant les "Règles de l'Art" des métiers de la réparation et du renforcement ainsi que la formation d'un personnel qualifié.

3 - L'effort de recherche des entreprises de Travaux Publics s'exerce également, de façon permanente mais diffuse, à l'occasion des appels d'offres ou concours auxquels ces entreprises sont appelées à participer, en France ou à l'étranger.

L'établissement de dossiers de concours, la préparation de variantes en réponse aux appels d'offres ou simplement l'étude des procédés de réalisation, impliquent parfois des problèmes techniques importants. Les dépenses correspondantes, qui représentent globalement des sommes considérables seraient à mettre au compte de la recherche technique.

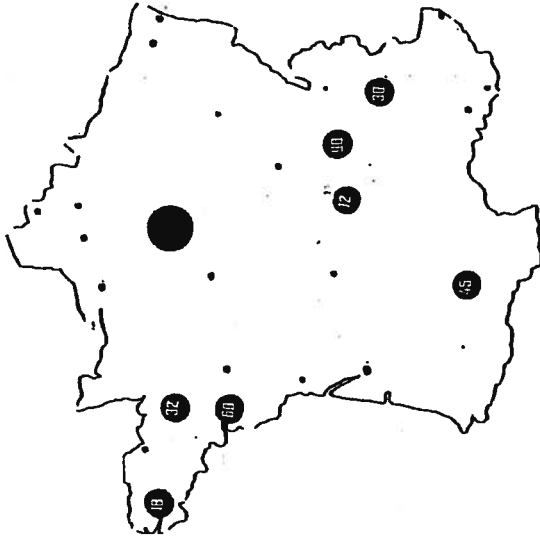


3 - Équipes de recherche en Génie Civil de faible effectif  
(10 agents) (2)

Le nombre d'équipes de recherche en Génie Civil de faible effectif implantées dans divers organismes et notamment dans les départements Génie Civil des Instituts Universitaires de Technologie "I.U.T." peut être estimé à une quinzaine constituant un potentiel d'une cinquantaine de chercheurs.

Description de la recherche  
Fiche quantitative

TABLÉAU II  
IMPLANTATION DES ORGANISMES DE RECHERCHE - POLES REGIONAUX



POLES REGIONAUX

	ILE DE FRANCE	RHONE ALPES	BRETAGNE PAYS DE LOIRE
Nombre d'agents	≈ 500	≈ 100	≈ 100
O	BREM Orléans	ECAM Lyon	COB Brest
R	CESTP Paris/St Rémy	ENTPE Lyon	CSTB Nantes (pm)
G	CEMAGREF Antony	INSA Lyon	ENSM Nantes
A	CERIB Epernon	IMG Grenoble	INSA Rennes
N	CSTB Paris (pm)	LRFC Lyon	LCFC Nantes
I	CTICM Paris		LRFC Angers
S	RCP Chatenay My		LRFC Saint Brienc
M	ENPC Paris		
E	ENSET Cachan		
S	ENS Mines Paris/ Fontainebleau		
	IFP Kneill Malmaison		
	I.S. Paris		
	LMS Palaiseau		
	LCFC Paris		
	UPMC Paris		
	UTC Compiègne		

(2) Agents de qualification supérieure ou égale à celle de I.S.

## I-2 FICHES DESCRIPTIVES DE LA RECHERCHE

relatives à chaque thème de la nomenclature

### A V A N T - P R O P O S

Compte-tenu de la disproportion entre la dimension du domaine de la recherche en Génie Civil - dont la nomenclature rend compte - et celle des fiches descriptives imposées pour la version de synthèse du Schéma d'Orientation Scientifique et Technique "S.O.S.T.", il est exclu que la description de chaque thème soit exhaustive ; le parti a été pris de seulement signaler les points forts et de souligner les points faibles justifiant les actions préconisées dans le titre II du S.O.S.T.

La description exhaustive des actions de recherche effectuées sur chaque thème par l'ensemble des équipes de recherche disséminées dans les organismes de recherche, entreprises et sociétés ou services d'ingénierie - publics, para-publics et privés - sera élaborée après consultation générale de tous les intéressés sur la base du présent document.

## Thème 3.7.1.1. : CONNAISSANCE DU MILIEU NATUREL

### FICHE B - Partie qualitative

La connaissance du milieu naturel, nécessaire préalablement à la conception de tout ouvrage de Génie Civil, n'a fait l'objet de recherche spécifique que pour le milieu solide (du fait de l'importance du terrain de fondation) ; les recherches sur les milieux gazeux et liquides sont en charge d'autres secteurs (météorologie, climatologie, océanographie...).

Si, jusqu'à un passé récent, ces secteurs ont apporté aux constructeurs les connaissances et données générales dont ils avaient besoin, il n'en est plus de même aujourd'hui ; la maîtrise du Génie Civil dans les sites "inhospitaliers" où il est appelé à s'étendre, nécessite l'insertion de spécialistes du Génie Civil dans les équipes actuelles de chercheurs dans le domaine "terre-mer-espace", pour leur faire connaître les besoins spécifiques des constructeurs, et pour développer les applications des différents procédés de reconnaissance d'intérêt général tels que la télédétection.

Aujourd'hui trois problèmes de connaissance du milieu naturel émergent :

- La reconnaissance de la nature et de la structure des fonds marins  
Les recherches portent notamment sur la conception et la mise au point de nouveaux moyens d'investigation expérimentale et sur l'exploitation et l'interprétation des données. La réflexion engagée sur l'apport potentiel des informations venant des satellites est encore en phase exploratoire.
- La détermination des conditions hydrodynamiques dans les massifs  
Pour la réalisation d'aménagements pour l'exploitation de nouvelles énergies, et le stockage de déchets, les données sont insuffisantes.



La caractérisation des phénomènes sismiques en un site donné pour leur prise en compte dans la justification de la tenue des constructions.

Le rapprochement entre les équipes de sismologues et de mécaniciens des sols et des roches est bien engagé, mais les travaux communs nécessaires sont encore trop rares.

En ce qui concerne les moyens et méthodes d'investigation in situ, les équipes françaises ont apporté des contributions originales, mais l'interprétation des mesures, et leur exploitation pour l'introduction de données significatives dans les codes de calcul, nécessitent un effort de recherche amont important.

Les sujets sur lesquels les connaissances sont encore insuffisantes pour permettre de traiter correctement ces problèmes sont notamment :

- les écoulements dans les milieux hétérogènes, fissurés ou très peu perméables, et dans une moindre mesure dans les milieux perméables,
- la propagation des ondes dans les milieux hétérogènes de volume fini, à partir d'ondes incidentes données,
- la caractérisation statistique des sols.

### Thème 3.7.2. : ACTIONS IMPOSEES AUX OUVRAGES

#### Fiche B - Partie qualitative

Il convient en préambule de souligner que les actions considérées dans ce thème (actions énumérées dans la nomenclature) forment un ensemble plus large que celui de la définition réglementaire, et de préciser que ce thème ne traite que de la connaissance des actions indépendamment de l'ouvrage (c'est-à-dire qu'il exclut la connaissance des interactions entre un ouvrage donné et les actions auxquels il est soumis, qui ressort du thème 4 "conception-justification-exécution et suivi des ouvrages").

La recherche sur les actions auxquelles doivent résister les ouvrages de Génie Civil, du fait soit de leur fonction, soit de leur exposition aux phénomènes naturels liés à leur site d'implantation, ou aux agressions accidentelles dues aux autres activités humaines, est, de tous les domaines de recherche en Génie Civil, celui qui a été abordé le plus récemment par les chercheurs mais dont l'importance apparaît aujourd'hui primordiale.

Cette situation résulte des faits suivants :

- l'étude des actions ne peut pas être abordée efficacement en laboratoire seulement ; elle nécessite l'accès aux ouvrages dans le cas des actions d'exploitation et l'accès dans le cas des actions naturelles,
  - la nécessité de prendre en compte ces actions, et notamment les actions naturelles et accidentelles, ne s'est vraiment imposée en France que depuis la construction des grands équipements industriels, et le développement des travaux à l'exportation.
- Aujourd'hui, la position française est bonne pour ce qui est des actions du vent, de la houle et des courants, des incendies et explosions, grâce à un petit nombre d'équipes de recherche reconnues au niveau international. Toutefois pour les recherches sur la houle et les courants, des efforts d'une part en matière d'équipement en bassins ou

Thème 3.7.3. : MATERIAUX

Fiche B - Partie qualitative

Les matériaux utilisés en Génie Civil sont :

- soit des matériaux naturels, ou élaborés in situ ou sur chantiers, avec une très faible valeur ajoutée tels que les sols, les roches et granulats traités ou non traités, ainsi que les bétons à liants hydrauliques ou hydrocarbonés. Ces matériaux, pour lesquels apparaît en France la dénomination de "géomatériaux", sont utilisés en très grande masse, mais leur caractère "rustique" et très hétérogène ne favorise pas l'approche et l'intérêt scientifique suscités par les matériaux dits "de pointe",
  - soit des matériaux de fabrication industrielle à forte valeur ajoutée tels que les armatures des bétons et des sols, les aciers "de construction", les alliages légers. Leurs conditions d'emploi spécifiques au Génie Civil justifient des recherches de haut niveau, mais les faibles quantités mises en oeuvre rendent difficile un effort de recherche industrielle à la hauteur de celui qui est consenti pour les produits de large diffusion.
- C'est pour ces raisons que ces "matériaux de Génie Civil" ne sont pas pris en considération dans la ligne de recherche finalisée "MATERIAUX" (3.5.), et par suite inclus dans la ligne GENIE CIVIL (3.7.).
- L'activité de recherche sur ces matériaux est très importante en volume (plus de la moitié du potentiel total de recherche en Génie Civil lui est consacrée). Les nombreuses équipes sont dans une large mesure complémentaires, car leurs travaux diffèrent par l'objet, l'approche et la finalité, comme le montrent les parties quantitatives des fiches descriptives, et certaines d'entre elles ont acquis une notoriété internationale.

Une synthèse sur ce thème est difficile car la situation est très variable d'un matériau à un autre. Le choix a été fait de ne dégager que les points faibles :

canaux d'essais, d'autre part en matière de modélisation numérique, sont nécessaires pour que les équipes françaises ne soient pas distancées.

En ce qui concerne les actions d'exploitation des ouvrages d'art, l'effort amorcé en France dans le cadre d'une action de la C.E.C.A. doit être poursuivi, et devra être amplifié si les résultats des programmes en cours ne donnent pas une réponse suffisante aux questions posées.

C'est cependant l'action des séismes qui justifie l'effort prioritaire si les entreprises françaises doivent développer, voire seulement maintenir, leur activité dans les pays où ce risque est majeur. De la confrontation des points de vue des experts et animateurs d'équipes de recherches, il ressort que les principales lacunes sont relatives à la connaissance fine des champs de déformation, et aux phénomènes d'interaction structures/fondations des ouvrages sous l'effet des grandes déformations provoquées par les séismes.

Pour ce qui est des actions accidentelles, les travaux sont bien engagés par des équipes de spécialistes des maîtres d'ouvrage directement concernés par les impacts, chocs, incendies et explosions, auxquelles deux groupes de recherche et deux laboratoires propres du CNRS apportent une contribution importante. Mais la diffusion des résultats de ces travaux est très limitée.

Cas particulier des actions dues à certaines activités industrielles, l'action des courants électriques "vagabonds", par nature diffuse et aléatoire, n'est pas vraiment prise en considération par les organismes de recherche français, contrairement à ce qui se passe dans des pays européens à fort développement industriel. Compte-tenu d'une part des conséquences économiques importantes de la méconnaissance des "courants vagabonds", et d'autre part du développement prévisible des équipements souterrains et des procédés de renforcement des sols par des éléments métalliques, il importe de disposer des connaissances et des moyens d'investigations appropriés.

- insuffisance de rigueur scientifique encore trop fréquemment constatée dans les travaux de recherche sur les géomatériaux notamment, peut-être liée à l'importance des lacunes dans les disciplines de base auxquelles se rattacherait cette approche scientifique (thermodynamique, mécanique de la rupture, mécanique des vibrations, rhéologie, physique de la matière condensée, transferts thermiques, physicochimie des interfaces, électrochimie des milieux triphasiques...)

En effet, la caractérisation trop technologique, et dans bien des cas encore trop purement "mécanicienne", ne permet ni de modéliser les matériaux pour prendre en compte, dans les codes de calcul, leur comportement effectif, ni de connaître leur évolution dans le temps (paramètre déterminant en Génie Civil) sous l'effet des actions de différentes natures, et surtout sous l'effet des combinaisons d'actions mécaniques, physiques et chimiques (dont résultent en particulier les phénomènes de fatigue-corrosion)

- inadaptation des voies et méthodes d'investigation sur les matériaux nouveaux ou sur les matériaux traditionnels employés dans des conditions très différentes de celles qui règnent en France du fait du climat, du site ou des modalités d'exploitation....

- difficultés d'introduction des concepts d'analyse de la valeur et de façon plus générale, importante force d'inertie vis-à-vis du développement d'ingénierie des matériaux de Génie Civil qui implique la démarche - non traditionnelle dans ce secteur d'activité - de concevoir un produit pour satisfaire un usage.

- grande faiblesse de la diffusion des résultats sous des formes qui en permettraient la pénétration dans les entreprises et les bureaux d'études.

Thème 3.7.4. : CONCEPTION - JUSTIFICATION -  
EXECUTION ET SUIVI DES OUVRAGES

Fiche B - Partie qualitative

La conception, la justification et l'exécution des ouvrages sont l'activité fondamentale des bureaux d'études et des entreprises. De ce fait, la recherche dans ce domaine est dans une large mesure intégrée à l'étude de chaque grand projet, et accessible de façon souvent marginale ou ponctuelle aux organismes de recherche publics, généralement par le biais de contrats. Encore ces contrats sont-ils généralement limités aux questions relatives à la justification de parties d'ouvrages ou à l'évaluation d'éléments de logiciels de calcul. Si la recherche sur la conception globale d'un type d'ouvrage appartient essentiellement aux maîtres d'ouvrage, et si la recherche sur les procédés et matériels de construction ainsi que sur les méthodes d'organisation des chantiers et d'exécution des travaux ne peut se faire pour la majeure partie qu'au sein des bureaux d'études et des entreprises, les organismes de recherche peuvent cependant apporter une contribution lorsqu'ils sont interrogés de façon appropriée.

Dans le domaine de la conception et de la justification des ouvrages l'apport de la recherche peut être la mise à disposition des producteurs d'"outils" qui puissent être substitués -du moins partiellement- d'une part à des "règles de l'art" fondées sur l'extrapolation des expériences antérieures, d'autre part à des méthodes de calcul basées sur des hypothèses excessivement simplificatrices, dont la non-vérification peut entraîner des désordres à plus ou moins longue échéance.

De façon générale, les équipes françaises ne sont pas suffisamment présentes dans le courant de recherche sur les méthodes de justification théorique de la sécurité et de la durabilité des projets dans les conditions locales d'exploitation, alors que divers experts travaillent isolément sur les différents aspects de ce problème.

Les principaux sujets sur lesquels des chercheurs peuvent être mobilisés par les maîtres d'ouvrage, entreprises et sociétés d'ingénierie sont :

- l'analyse critique des différentes approches de la sécurité des ouvrages respectivement en projet et en service ;
- la modélisation des ouvrages basée sur l'observation et l'instrumentation des réalisations, avec prise en considération des interactions entre les structures et les actions de l'environnement ; actions des éléments naturels (tels que le vent ou la houle...) ou actions provoquées par les activités humaines
- les méthodes de prise en compte dans les codes de calcul des comportements effectifs (non linéaires) des matériaux, et des écarts probables par rapport aux hypothèses de calcul, liés soit aux difficultés d'exécution, soit aux dégradations
- les possibilités de recours à l'"intelligence artificielle" pour optimiser les formes, les matériaux et les dispositions constructives pour un ouvrage défini par ses fonctions et ses conditions d'exploitation
- les études prospectives sur l'apport des technologies nouvelles (telles que la robotique) aux matériaux à concevoir pour améliorer la sécurité d'emploi et leurs performances.

Thème 3.7.5. :

MOYENS ET METHODES D'INSTRUMENTATION ET D'AUSCULTATION

Fiche B - Partie qualitative

C'est sans doute l'activité de conception et de mise au point de moyens de mesure, et de contrôle non destructif, qui est la plus développée dans tous les organismes de recherche mais dont les résultats sont les moins diffusés et valorisés : l'instrumentation scientifique et technique est en effet à la base de toute recherche expérimentale en laboratoire et in situ, mais n'intéresse guère que les laboratoires.

Les points forts en France sont :

- en métrologie : les moyens de mesure de déplacement et de déformation
- en moyens de contrôle non destructif et de surveillance des ouvrages : les dispositifs basés sur les rayonnements et sur les ondes acoustiques
- en outils d'investigation in situ : le matériel de reconnaissance des sites terrestres.

Les points faibles restent :

- en métrologie : les appareils ou méthodes de mesure des contraintes (l'expression de "capteur de contrainte" reste toujours abusivement utilisée pour des capteurs de déformation) et des forces, grandeurs essentielles en Génie Civil
- en contrôle non destructif : les moyens et méthodes de détection et de suivi d'évolution des fissures et fractures, ainsi que de l'état de conservation chimique ou structural des matériaux in situ. Or ces moyens et méthodes sont indispensables pour permettre le développement rationnel des travaux d'entretien ou de réparation des ouvrages, qui prend une importance majeure en France et à l'étranger, et pour assurer la sécurité des ouvrages et des personnes
- en outils d'investigation in situ, le matériel n'est pas encore adapté aux reconnaissances en mers très profondes.

Au plan des méthodes, les défauts et lacunes majeurs soulignés par les utilisateurs effectifs ou potentiels sont :

- le défaut d'explicitation des limites de validité d'un moyen d'essai déterminé
- l'imprécision relative à la signification d'une mesure, et à la méthode d'interprétation des résultats
- l'insuffisance des possibilités d'exploitation en temps réel des résultats d'une instrumentation d'ouvrage
- l'absence de garantie de durée de service de certains moyens d'instrumentation d'ouvrage en service.

I-3 SITUATION DANS LA COMPETITION INTERNATIONALE

Si les entreprises et sociétés d'ingénierie françaises du B.T.P. - et notamment des travaux publics - sont actuellement bien placées dans la compétition internationale, il n'en est pas de même des représentants de la recherche française en Génie Civil : en effet tous les intéressés ont observé la diminution des contributions françaises dans les manifestations internationales, des citations des travaux français dans les revues d'audience internationale, et la raréfaction des présidences françaises dans les associations techniques et sociétés savantes de renom international.

Cette situation est défavorable au prestige de l'ingénierie française et risqué, à terme, de compromettre sa compétitivité. Or elle n'est pas essentiellement due à la baisse de qualité de la recherche, elle tient plutôt à une sous-estimation de l'importance de la présence des scientifiques dans ces différentes manifestations, et à la faiblesse de l'organisation - au niveau national - d'une représentation française appropriée à l'enjeu à moyen ou long termes. Il importe donc de réfléchir aux dispositions concrètes et cohérentes à prendre dans les différents milieux impliqués pour remédier à cette situation.

Toutefois, les coopérations bilatérales entre experts (enseignants-chercheurs-ingénieurs) français et étrangers (aussi bien des pays industrialisés que de pays en voie de développement) se sont beaucoup développées dans le même temps. Ces coopérations s'exercent parfois dans le cadre de conventions ou de contrats de recherche entre organismes, mais elles s'amorcent et se développent le plus souvent de façon informelle, et conduisent de plus en plus fréquemment à ces publications communes, ou à l'organisation conjointe de colloques ou séminaires. A titre d'exemples récents significatifs peuvent être cités :

- le séminaire franco-américain sur le Génie Civil "civil engineering workshop"
- Paris les 26-27 Octobre 1983
- organisé par le département "Sciences Physiques pour l'Ingénieur"

du CNRS et par le département correspondant de la National Science Foundation (NSF)

- le séminaire franco-canadien "gazoducs et oléoducs en zone arctique"

Caen les 25-26 Avril 1984

organisé par : . le Laboratoire CNRS d'Aérothermique du Centre de Géomorphologie de Caen

. le Laboratoire Central des Ponts et Chaussées

. Geotechnical Science Laboratories de  
CARLETON University - OTTAWA

. Earth Physics Branch - Energy Mines and Resources-  
CANADA.

## II-1 CONSIDERATIONS ET RECOMMANDATIONS GENERALES

L'art de construire et d'aménager l'espace a très généralement, et depuis l'origine des civilisations, précédé la connaissance précise des phénomènes et des lois qui régissent la stabilité des ouvrages de Génie Civil et leur évolution dans le temps. Ce sont presque toujours les désordres importants au plan économique ou les catastrophes entraînant la perte de vies humaines qui ont provoqué les recherches spécifiques à ce secteur.

Aussi la recherche est-elle restée marginale autant dans les entreprises que dans les établissements d'enseignement, de même que pour la majorité des maîtres d'ouvrage et maîtres d'oeuvre. Toutefois, quelques exceptions parmi les grands bureaux d'études et maîtres d'ouvrage prouvent l'intérêt d'une activité de recherche intégrée à celles de conception, de construction et de gestion.

### T I T R E   I I

## P R O P O S I T I O N S   D ' A C T I O N S

Mais le caractère international du marché et le haut niveau de compétition ne permettent plus de se contenter d'extrapoler les expériences antérieures, faites dans d'autres sites et d'autres conditions d'exploitation, ni d'accepter des innovations sans justifications préalables.

La recherche en Génie Civil doit être sous tendue par la majorité des disciplines fondamentales. Elle doit bénéficier de l'accès à tous les moyens d'investigation et de calcul et aux données disponibles dans les autres secteurs, pour les raisons qui ont été développées dans le document "l'art de construire" publié par la D.A.E.I. en 1983 dans sa collection "Le Point du Génie Civil".

Mais elle est aujourd'hui encore mal articulée avec la recherche fondamentale, et au cours des dernières décennies, ses liens avec les activités de conception des ouvrages et d'exécution des travaux se sont, dans certains domaines, distendus. Il en résulte qu'elle est trop appliquée, sectorielle et limitée à l'approche en laboratoire, pour combler les lacunes dans les données et connaissances de base dont auraient besoin, d'un côté les concepteurs pour maîtriser les technologies nouvelles et les grandes innovations et de l'autre les

maîtres d'ouvrage. et les gestionnaires pour mieux appréhender les rapports qualité/coût global, pour un niveau de sécurité et une durée de service déterminés.

Pour améliorer cette situation, il faut d'une part que le Génie Civil bénéficie du potentiel de recherche, des connaissances et moyens existants qu'il exploite mal : c'est donc tout d'abord un réseau de communication entre les différents acteurs qu'il importe de favoriser, notamment par la constitution d'équipes ou groupes "de transition" fonctionnant au sein d'associations techniques, et par la création de structures temporaires de concertation et d'actions coordonnées à l'occasion de travaux exceptionnels ou d'ouvrages expérimentaux, ou autour de grands équipements d'expérimentation.

Il faut d'autre part mieux assurer la qualité de la recherche et le transfert des résultats. par la généralisation de l'évaluation scientifique et technique des travaux au sein et en dehors des organismes et par la multiplication des lieux de discussion ouverte des résultats.

Il convient enfin de formaliser et enrichir les échanges entre les instances d'évaluation et de prospective de la recherche et celles de normalisation et de réglementation des industries concourant au Génie Civil.

La mise en place de telles dispositions nécessite des moyens financiers appropriés :

-- pour améliorer la communication entre acteurs et qualité de la recherche (l'effort correspondant est possible dans le cadre du Budget Civil de la Recherche et du Développement),

-- pour développer les actions autour de grands équipements de recherche expérimentale ou à l'occasion de travaux exceptionnels et d'ouvrages expérimentaux, l'effort correspondant implique d'autres sources de financement que le Budget Civil de la Recherche et Développement "B.C.R.D." (par exemple les crédits d'études des grands ouvrages publics).

Les orientations proposées sont donc les suivantes :

- 1 - L'intensification de l'apport de la recherche fondamentale, par l'amélioration de l'accès des ingénieurs et chercheurs finalisés aux résultats des travaux en cours dans différentes disciplines scientifiques, de l'information des scientifiques sur les lacunes dans les connaissances de base auxquelles sont confrontés les constructeurs, et par le lancement de nouvelles recherches.

A ce titre sont envisagés, en accord avec le CNRS et dans une première phase, l'organisation d'"écoles d'été", le lancement d'actions thématiques programmées, et la constitution de groupement d'intérêt scientifique "G.I.S.", notamment dans le domaine des recherches parasismiques.
- 2 - L'amélioration des contacts entre bureaux d'études et organismes de recherche par des travaux menés en commun dans le cadre de l'action concertée "Génie Civil", créée en 1983.
- 3 - Le développement de l'expérimentation en vraie grandeur, à l'occasion de travaux exceptionnels notamment : cette action implique la définition de modalités d'ordre administratif et financier à mettre au point avec les maîtres d'ouvrage ; la constitution de groupement d'intérêt public est à envisager.
- 4 - L'organisation de la recherche induite par la réglementation et par la normalisation, autant au niveau français qu'au niveau européen ou international, ainsi que pour l'assistance technique aux pays en développement pour l'élaboration de leurs textes nationaux (dans le prolongement d'une action engagée avec l'Egypte en 1983) : en effet pour les ouvrages de Génie Civil, les textes réglementaires et normatifs ont une influence déterminante sur le coût de gestion.

Il serait souhaitable qu'une organisation soit mise en place à l'occasion de l'instruction des projets d'Eurocodes Construction, pour contribuer à l'élaboration de la réponse de la France à la consultation et à la définition du programme d'actions de recherche à lancer pour participer à leur mise au point et à celle des amendements ultérieurs.



Les organismes de recherche finalisée nationaux ont un rôle déterminant à jouer dans l'ensemble de ces orientations, du fait de leur position charnière entre les équipes de recherche fondamentale et les constructeurs.

5 - L'effort concerté de diffusion des connaissances et d'ouverture des chercheurs français, par différentes voies à mettre à l'étude telles que :

- la création d'un support de diffusion, de portée internationale, de l'information scientifique et technique traitant les différentes composantes du Génie Civil en France.
- la fédération ou l'union de nombreuses associations techniques et sociétés savantes concernant directement ou de façon marginale, mais importante, le Génie Civil.
- l'organisation et la présence française dans les manifestations et instances internationales.
- la généralisation de recherches définies et menées en collaboration avec des établissements implantés dans des pays étrangers industrialisés ou en voie de développement en vue de profiter de leurs expériences, de faire connaître la technique française et de développer des technologies adaptées aux conditions locales.

## II-2 PRESENTATION DES ACTIONS PRECONISEES

Dans ce titre II du Schéma d'Orientation Scientifique et Technique de la recherche en Génie Civil, sont préconisées trois catégories d'actions qui, suivant ces différentes orientations recommandées, concourent individuellement, et plus encore par leur combinaison, aux objectifs explicites dans la note de politique générale.

Ces trois catégories sont :

### - les sujets-clés de recherche

Un sujet-clé est un sujet qui paraît devoir être traité en priorité pour supprimer un blocage technique ou éclairer une situation confuse ou conflictuelle.

Ces sujets-clés, par nature évolutifs dans le temps, sont à confier aux experts reconnus, mais aussi aux spécialistes des disciplines connexes susceptibles d'apporter un éclairage nouveau, des méthodes et des concepts qui leur sont propres, pour permettre des progrès significatifs.

### - les projets nationaux

Les projets nationaux ont pour objectif d'accélérer, à partir de connaissances de base déjà acquises, la réalisation d'un objet déterminé - qu'il s'agisse de matériels, de matériaux, de logiciels de calcul, ou de technologies de toute nature - en focalisant l'activité de différentes équipes compétentes, autour d'un programme de travaux défini, animé par un "pilote". Le "pilote" sera une personne choisie pour ses compétences, son expérience et l'intérêt personnel qu'elle porte aux projets - mais aussi liée à une structure (laboratoire, bureau d'étude, entreprise, association technique...) capable de lui apporter le support logistique nécessaire pour mener le projet à bonne fin.

- les actions d'accompagnement qui ne sont pas de la responsabilité des acteurs de la recherche, mais qui sont nécessaires pour valoriser leurs travaux et faire diffuser leurs résultats dans tout le tissu professionnel.

Les tableaux I - II - III suivants indiquent comment les sujets-clés et les projets nationaux sont reliés aux objectifs, et quelle est leur correspondance entre eux.

I - Tableau de correspondance entre OBJECTIFS et SUJETS-CLÉS DE RECHERCHE

OBJECTIFS	SUJETS-CLÉS DE RECHERCHE	
	sujets "AMONT" fiches C	sujets "AVAL" fiches D
1 - Viser la performance alliant technique et économie	4 modélisation du fonctionnement des structures 2 données de base sur les matériaux	3 utilisation des techniques avancées 6 formalisation des règles de l'art - logiciels de calcul 5 renforcement des terrains
2 - Mieux mesurer le risque et mieux garantir la sécurité	1 modélisation des matériaux et codes de calcul 2 données de base sur les actions (imposées aux ouvrages)	1 sécurité des ouvrages 2 filière : surveillance-maintenance-réparation 3 utilisation des techniques avancées 4 génie parasismique
3 - Moderniser le Génie Civil	1 modélisation des matériaux 2 modélisation du fonctionnement des structures	3 utilisation des techniques avancées 6 formalisation des règles de l'art - logiciels de calcul
4 - Améliorer les conditions de travail	5 psychosociologie du personnel sur le chantier	1 sécurité des ouvrages 3 utilisation des techniques avancées
5 - Mieux gérer le patrimoine	2 données de base sur les actions (imposées aux ouvrages) 3 données de base sur les matériaux 4 modélisation du fonctionnement des structures	1 sécurité des ouvrages 2 filière : surveillance-maintenance-réparation

I - Tableau de correspondance entre OBJECTIFS et SUJETS-CLES DE RECHERCHE

Suite

OBJECTIFS	SUJETS-CLES DE RECHERCHE
6 - Coopérer davantage avec les P.D.	<ul style="list-style-type: none"> <li>: sujets "AMONT"</li> <li>: fiches C</li> <li>: sujets "AVAL"</li> <li>: fiches D</li> <li>: 2 données de base sur les actions (imposées aux ouvrages)</li> <li>: 4 génie parasismique</li> <li>: 3 données de base sur les matériaux</li> </ul>
7 - Se préparer aux besoins de l'avenir	<ul style="list-style-type: none"> <li>: 4 modélisation du fonctionnement des structures</li> <li>: 3 données de base sur les matériaux</li> <li>: 5 psychosociologie du personnel sur le chantier</li> <li>: 1 sécurité des ouvrages</li> <li>: 3 utilisation des techniques avancées</li> <li>: 4 génie parasismique</li> <li>: 5 renforcement des terrains</li> <li>: 6 formalisation des règles de l'art-logiciels de calcul</li> </ul>

II - Tableau de correspondance entre OBJECTIFS et PROJETS NATIONAUX

OBJECTIFS	PROJETS NATIONAUX
1 - Viser la performance alliant technique et économie	<ul style="list-style-type: none"> <li>: 4. creusement des tunnels (en terrain meuble et aquifère)</li> <li>: 2. renforcement des sols</li> <li>: 1. structures mixtes acier-béton</li> <li>: 5. maîtrise de la fissuration du béton</li> </ul>
2 - Mieux mesurer le risque et mieux garantir la sécurité	<ul style="list-style-type: none"> <li>: 3. conception des ouvrages en zone sismique (calcul dynamique des structures)</li> <li>: 5. maîtrise de la fissuration du béton</li> <li>: 7. instrumentation des ouvrages et matériels de mesure (in situ)</li> </ul>
3 - Moderniser le Génie Civil	<ul style="list-style-type: none"> <li>: 11. modernisation des matériels de chantier</li> <li>: 10. logiciels de calcul</li> <li>: 4. creusement des tunnels (en terrain meuble et aquifère)</li> </ul>
4 - Améliorer les conditions de travail	<ul style="list-style-type: none"> <li>: 11. modernisation des matériels de chantiers</li> </ul>
5 - Mieux gérer le patrimoine	<ul style="list-style-type: none"> <li>: 7. instrumentation des ouvrages et matériels de mesure (in situ)</li> <li>: 5. maîtrise de la fissuration du béton</li> <li>: 8. hydrologie</li> </ul>
6 - Coopérer davantage avec les P.E.D.	<ul style="list-style-type: none"> <li>: 8. hydrologie</li> <li>: 9. matériaux locaux</li> <li>: 3. conception des ouvrages en zone sismique (calcul dynamique des ouvrages)</li> </ul>
7 - Se préparer aux besoins de l'avenir	<ul style="list-style-type: none"> <li>: 12. les voies nouvelles du matériau béton</li> <li>: 10. logiciels de calcul</li> <li>: 7. instrumentation des ouvrages et matériels de mesure (in situ)</li> <li>: 3. conception des ouvrages en zone sismique (calcul dynamique des structures)</li> <li>: 6. ouvrages en mer</li> <li>: 8. hydrologie</li> <li>: 2. renforcement des sols</li> </ul>

III - Tableau de correspondance entre projets nationaux  
et sujets-clés

PROJETS NATIONAUX	SUJETS-CLÉS DE RECHERCHE
1 - Structures mixtes acier-béton	: C.4. Données de base et modélisation du fonctionnement des structures : D.1. Sécurité des ouvrages : D.6. Formalisation des "règles de l'art" - Logiciels de calcul : : C.1. Modélisation des matériaux et codes de calcul : D.1. Sécurité des ouvrages : D.5. Renforcement des terrains : D.6. Formalisation des "règles de l'art" - Logiciels de calcul
2 - Renforcement des sols	: C.2. Données de base sur les actions : C.3. Données de base sur les matériaux : C.4. Données de base et modélisation du fonctionnement des structures : D.1. Sécurité des ouvrages : D.4. Génie parasismique
3 - Conception des ouvrages en zone sismique (calcul dynamique des structures)	: C.2. Données de base sur les actions : C.3. Données de base sur les matériaux : C.4. Données de base et modélisation du fonctionnement des structures : D.1. Sécurité des ouvrages : D.4. Génie parasismique
4 - Creusement des tunnels (en terrain meuble et aquifère)	: C.3. Données de base sur les matériaux : C.4. Données de base et modélisation du fonctionnement : C.5. Psycho-sociologie du personnel sur le chantier : D.1. Sécurité des ouvrages
5 - Maîtrise de la fissuration du béton	: C.1. Modélisation des matériaux et codes de calcul : C.3. Données de base sur les matériaux : D.1. Sécurité des ouvrages : D.6. Formalisation des "règles de l'art" - Logiciels de calcul
6 - Ouvrages en mer	: C.2. Données de base sur les actions : C.3. Données de base sur les matériaux : C.4. Données de base et modélisation du fonctionnement : D.1. Sécurité des ouvrages

III - Tableau de correspondance entre projets nationaux  
et sujets-clés

Suite

PROJETS NATIONAUX	SUJETS-CLÉS DE RECHERCHE
7 - Instrumentation des ouvrages et matériels de mesure (in situ)	: D.1. Sécurité des ouvrages : D.2. Filière : surveillance-maintenance-réparation : D.3. Utilisation des "technique avancées" : D.4. Génie parasismique
8 - Hydrologie	: C.2. Données de base sur les actions : C.3. Données de base sur les matériaux : C.4. Données de base et modélisation du fonctionnement des structures : D.3. Utilisation des "technique avancées"
9 - Matériaux locaux	: C.2. Données de base sur les actions : C.3. Données de base sur les matériaux : D.1. Sécurité des ouvrages
10 - Logiciels de calcul	: C.1. Modélisation des matériaux et codes de calcul : C.3. Données de base sur les matériaux : D.6. Formalisation des "règles de l'art" - Logiciels de calcul
11 - Modernisation des matériels de chantier	: C.5. Psycho-sociologie du personnel sur le chantier : D.3. Utilisation des "technique avancées"
12 - Voies nouvelles du matériau béton	: C.3. Données de base sur les matériaux : C.4. Données de base et modélisation du fonctionnement des structures : D.1. Sécurité des ouvrages : D.4. Génie parasismique

## II-2-A SUJETS-CLES DE RECHERCHE

Les sujets-clés de recherche proposés ont pour but d'orienter les travaux des organismes, ou des équipes de recherche, vers l'acquisition de connaissances et de données qui conditionnent le progrès technique ou le "saut technologique" suivant leur nature. Ces sujets devraient intéresser des chercheurs ayant des préoccupations théoriques (par une stimulation et une incitation au moyen d'actions thématiques programmées ou d'actions concertées) ou bien entraîner des collaborations en vue d'applications (collaborations susceptibles de bénéficier d'aides à la recherche).

### Sujets-clés de "recherche amont" (fiches C)

- C.1. Modélisation des matériaux
- C.2. Données de base sur les actions
- C.3. Données de base sur les matériaux
- C.4. Données de base et modélisation du fonctionnement des structures
- C.5. Psycho-sociologie du personnel sur le chantier

### Sujets-clés de "recherche aval" (fiches D)

- D.1. Sécurité des ouvrages
- D.2. Filière : surveillance-maintenance-réparation
- D.3. Utilisation des "techniques avancées"
- D.4. Génie parasismique
- D.5. Renforcement des terrains
- D.6. Formalisation des "règles de l'art" - Logiciels de calcul

## Fiche C.1. - MODELISATION DES MATERIAUX ET CODES DE CALCUL

Pour faire bénéficier les ouvrages des progrès faits séparément en matière de connaissance des matériaux de génie civil et de moyens de calcul numérique, il est apparu nécessaire de lancer une "action concertée" entre organismes de recherche expérimentale et théorique et bureaux d'études : l'objectif initial principal serait l'élaboration d'éléments de codes de calcul prenant en compte le comportement effectif des matériaux et utilisables par des projeteurs.

L'appel d'offres de recherche lancé par le Comité d'Action Concertée en Génie Civil porte en 1984 sur trois thèmes principaux intéressant les matériaux granulaires :

- interfaces sols/structures
- justification des ouvrages (ou parties d'ouvrages) en béton exposés aux actions dynamiques (impacts, chocs, séismes...)
- justification de la tenue des digues exposées à la mer.

En 1985-1986, les nouveaux thèmes pourraient concerner les autres matériaux, associés aux matériaux granulaires dans des structures mixtes ou hybrides. La mise au point de l'appel d'offres sera faite par le Comité.

L'expérience a en effet montré l'importance du comportement non linéaire de ces matériaux, et des phénomènes de formation et de propagation stable ou brutale des fissures.

Si la connaissance des processus physiques mis en jeu a bien progressé au cours de ces dernières années, la modélisation est encore imparfaite, et un important travail de formalisation de lois du comportement représentatives de la réalité, tout en étant compatibles avec les moyens de calcul accessibles aux bureaux d'études, reste à faire.

### Fiche C.2. - DONNEES DE BASE SUR LES ACTIONS

Les travaux relatifs à la caractérisation et à la modélisation des actions d'exploitation normale des ouvrages doivent être poursuivis lorsque ces actions provoquent encore aujourd'hui des désordres onéreux, comme c'est le cas par exemple pour les silos de matières pulvérulentes.

L'effort de recherche devrait concerner les différentes actions aléatoires, qu'elles soient naturelles ou liées aux activités humaines.

#### 2.1 - Actions naturelles aléatoires

##### A - LES SEISMES

La conception et la justification des ouvrages dans un site donné impliquent la connaissance et la modélisation des mouvements sismiques à prendre en compte, et plus précisément la détermination de la contribution respective des ondes de volume et de surface, ainsi que celle du déphasage et de l'altération du mouvement au cours de la propagation dans un milieu donné, notamment dans le cas d'un milieu hétérogène.

Les travaux correspondants pourraient être confiés à un groupement d'intérêt scientifique créé au sein de l'Association Française du Génie Parasismique (A.F.P.S.) qui serait titulaire d'un contrat d'aide à la recherche, financé conjointement par le M.I.R. et le M.U.L.

Les organismes intéressés sont nombreux :

- I.P.G., I.I.R.I.G.M. de Grenoble, I.M.A. de Marseille

- E.C. Paris, E.N.P.C., L.P.C.

- E.D.F., C.E.A.

D'autres actions de recherche pourront être proposées par l'A.F.G.P.S.

### B - LA MER

Dans ce domaine d'importants travaux de caractérisation et de modélisation de la houle ont déjà été soutenus par les associations de recherche sur les ouvrages en mer (A.R.A.E., ARCEMA, ARSEM, ARSEM) dont l'efficacité sera sans doute encore augmentée par la création récente du Conseil de Liaison des Associations de Recherche sur les Ouvrages en Mer "C.L.A.R.O.M.". Ces travaux ont bénéficié surtout aux structures off-shore mais aussi aux ouvrages côtiers et portuaires.

Toutefois les actions de la mer autres que la houle - notamment les effets des courants et de fortes perturbations météorologiques (tempêtes...) - ne sont pas suffisamment connues.

Les Laboratoires d'Hydrauliques et Instituts de Physique du Globe pourraient prendre une part déterminante aux travaux sur ces sujets.

#### 2.2 - Actions aléatoires liées aux activités humaines

Parmi les actions aléatoires liées aux activités humaines celles dont l'étude semble prioritaire sont d'une part les explosions, les ondes de choc, les impacts, du fait des risques qu'elles font encourir aux ouvrages, d'autre part les courants électriques "vagues" en raison du coût des dégradations qu'ils provoquent dans les ouvrages métalliques.

Parmi les courants "vagues", la mise au point de méthodes de détection et de caractérisation pourrait être faite dans le cadre d'un G.I.E. dont les membres pourraient être pressentis par le Centre Français de la Corrosion. Ce G.I.E. appelé par la suite à jouer un rôle dans l'animation ou le pilotage des travaux de recherche de moyens de protection ou de prévention.

Fiche C.3. - DONNEES DE BASE SUR LES MATERIAUX

3.1 - La connaissance et la formalisation de lois de propagation des ondes dans les milieux solides fissurés et hétérogènes (à plusieurs phases) relèvent d'une Action Thématique Programmée du C.N.R.S. qui est financée en 1984, et le sera vraisemblablement aussi en 1985 sur les fonds propres du C.N.R.S. et sur le Fonds de la Recherche et de la Technologie "P.R.T".

Les résultats attendus sont :

- une meilleure connaissance des conditions de traversée de discontinuités élémentaires de toutes natures et de leur influence sur la transformation des caractéristiques d'ondes incidentes données,
- la mise au point de méthodes de détermination des caractéristiques des ondes en tout point d'un volume considéré pour des distributions données de discontinuités (fissuration, interfaces entre strates...)

De telles connaissances devraient permettre de résoudre les problèmes de détermination, en tout point d'un volume complètement décrit, du champ d'onde résultant d'ondes incidentes données à sa frontière (problèmes sismiques). Elles pourraient également éclairer le problème inverse de caractérisation d'un milieu inconnu à partir des caractéristiques d'ondes incidentes et reçues (problèmes de reconnaissance, identification et contrôle).

Les équipes potentiellement intéressées sont réparties dans divers organismes de recherche.

3.2 - La détermination des lois d'échanges gazeux et liquides des matériaux à squelette granulaire (bétons notamment) et des milieux fibreux (bois et sols renforcés) avec leur environnement, en fonction des conditions climatiques et des sollicitations est nécessaire pour maîtriser le comportement rhéologique et la durabilité des ouvrages.

Une Action Thématique Programmée est envisagée en 1985.

## N O T A

Pour l'ensemble des actions aléatoires exceptionnelles, qu'elles soient naturelles ou liées aux activités humaines, il est vivement recommandé de mettre en place une organisation qui soit en mesure - au plan administratif, financier et juridique - d'envoyer des experts scientifiques et techniques sur les lieux où se sont manifestés les effets de ces actions non simulables en laboratoire, dans les délais extrêmement brefs imposés par les circonstances, et toutefois sans improvisation qui réduirait l'efficacité de la mission d'observation ou d'étude de ces experts. Ceci implique une préparation scientifique et matérielle qui devrait être confiée à un groupement informel chargé d'élaborer des propositions d'organisation précises.

Fiche C.4. - DONNEES DE BASE ET MODELISATION  
DU FONCTIONNEMENT DES STRUCTURES

L'objectif est d'apporter une aide à la conception et à la justification des ouvrages dans lesquels les discontinuités (non prévues au projet, ou prévues mais non modélisées) telles que les joints, interfaces entre matériaux de nature différente, fissures ou fractures, jouent un rôle déterminant sur le fonctionnement dès la construction ou après un certain délai d'usage.

Les thèmes proposés sont :

4.1 - L'élaboration ou la formalisation d'une "mécanique des structures discontinues" dont la "mécanique des blocs" est un élément.

La forme la plus appropriée pour aborder efficacement ce sujet en 1985 est la constitution d'un GRECO à l'initiative du C.N.R.S. (Sciences Physiques pour l'Ingénieur (S.P.I.)) en liaison avec les Ecoles d'Ingénieurs concernées.

Ce GRECO pourrait être préparé par une "Ecole d'Eté" (ou un séminaire à laquelle seraient invitées toutes les équipes qui ont abordé ce thème par un aspect particulier).

4.2 - L'élaboration d'un système conversationnel adapté à ce type de structures - impliquant une formalisation des règles de l'art (non écrites) et des modèles de fonctionnement - pourrait apporter une contribution opérationnelle à la recherche de formes les plus appropriées (optimisation des sollicitations et de l'aspect).

Une telle action pourrait, dans une première étape, faire l'objet d'une Recherche en Coopération sur Programme (R.C.P.).

3.3 - La modélisation du comportement à la rupture des matériaux à squelette granulaire pourra faire l'objet d'un soutien approprié pour conclure les recherches récentes et en cours sur les bétons hydrauliques.

3.4 - La diffusion des connaissances sur les propriétés des matériaux spécifiques d'emploi en Génie Civil et notamment des aciers devrait être développée par exemple dans le cadre de cycles de formation continue.

Enfin, une réflexion sur la constitution de banques de données scientifiques et techniques devrait être engagée par les associations concernées.



#### FICHE C.5. PSYCHO-SOCIOLOGIE DU PERSONNEL SUR LE CHANTIER

Contrairement au travail en usine, un chantier se déroule toujours dans des conditions nouvelles et changeantes.

Il est exposé aux intempéries, souvent éloigné : des lieux habités (parfois à l'étranger ou en haute mer) ; les conditions de travail sont rudes.

L'organisation est éphémère, les mesures transitoires et les installations mobiles, ce qui multiplie les difficultés et les causes d'accident.

Les circonstances sont toujours difficiles, voire pour certaines impossibles à maîtriser car chaque chantier est un prototype se déroulant dans un univers topographique unique et dans des conditions climatiques imprévisibles.

L'initiative humaine y est donc très grande.

Or, on connaît mal les réactions du personnel de chantier en face de situations nouvelles, alors que le danger est presque partout latent.

Sur le plan de la sécurité, l'examen des accidents montre pourtant l'importance du facteur humain :

- Insuffisance d'une formation appropriée, manque de conscience du danger, trop souvent imprudence, parfois hélas bravade délibérée.

Les débutants encore inconscients du danger, ne sont pas les seuls concernés car beaucoup d'accidents frappent les personnes expérimentées, mais trop accoutumées à ces situations et qui ne prennent plus garde au danger.

Les matériels et précautions réglementaires, tels que casques, harnais de sécurité, gilets de sauvetage, représentent toujours une gêne pour l'aisance des mouvements et apparaissent, en période normale comme inutiles.

Sur les plans des conditions de vie sur le chantier, et de l'organisation du travail, la souplesse et l'initiative personnelle qui caractérisent le chantier de génie civil, réclament, pour les assumer correctement, une qualification et une formation appropriées.

Des recherches sur le comportement de l'homme au travail, dans le cadre précis des chantiers de génie civil sont nécessaires, afin de mieux comprendre comment le travailleur ressent les situations particulières qu'il y rencontre.

Elles permettront, en conséquence, de mieux adapter les mesures réglementaires de sécurité et les matériels, en pensant à l'aisance des mouvements et à la rapidité des secours, de mieux imaginer les actions de sensibilisation et la formation à ces métiers spéciaux et enfin de mieux prévoir les qualifications nécessaires dans le domaine des qualités humaines.

Fiche D.1 - SECURITE DES OUVRAGES

La sécurité des ouvrages fait l'objet de discussions à l'échelle mondiale, sur différents sujets : concepts, définition, approches (probabiliste, semi-probabiliste...) qualification, mode d'introduction dans les cahiers des charges, codes de calcul, règlements..., relations avec le contrôle de la qualité et avec les processus de décision. Il a été reconnu que "la France n'est pas bien placée car les études des problèmes de sécurité sont le fait de quelques individus, et les centres de décision qui arrêtent les choix constructifs fondamentaux sont très dispersés. Il n'y a pas de prise de conscience commune".

Un vaste champ d'action s'ouvre, dont les chercheurs n'ont pas le pilotage, mais dans lequel ils ont à jouer un rôle important, qu'il reste toutefois à cerner et expliciter (les centres concernés sont notamment le L.C.P.C., le C.T.I.C.M., les écoles d'ingénieurs et des équipes universitaires déjà bien engagées dans cette voie).

Salon l'expérience des grands gestionnaires d'ouvrages importants, les questions se posent - au plan technique - en termes différents selon qu'il s'agit de justifier la sécurité d'ouvrages neufs - à la construction - ou de vérifier celle d'ouvrages en service. Mais au plan de la recherche, le problème est à traiter globalement : en particulier l'exploitation scientifique des informations recueillies lors de l'analyse de cas pathologiques est importante pour fournir les données réalistes spécifiques à chaque type de constructions ou catégories d'ouvrages.

Il y a donc lieu de créer les conditions permettant d'engager un dialogue entre gestionnaires d'ouvrages et équipes de recherche, et de la prolonger par des actions conjointes ou échanges d'information organisés autour des ouvrages suivis, expertisés ou détruits.

"P. COUPRIE - "l'art de construire - Tendances et Perspectives actuelles"

Publication D.A.E.I. - Juillet 1982.

Fiche D.2 - FILIERE : SURVEILLANCE-MAINTENANCE-REPARATION

Pour des raisons économiques, techniques et parfois culturelles, le maintien en service du patrimoine prend une importance relativement croissante par rapport à la construction neuve, autant en France que dans les pays industrialisés ou en développement.

Parmi les raisons techniques, la plus importante est l'intérêt des enseignements qui peuvent être tirés de l'ensemble de ces opérations de surveillance, maintenance et réparation, pour le progrès technique des constructions futures.

Ces enseignements devraient contribuer non seulement à l'amélioration des technologies mais aussi à l'évolution de la réglementation ainsi qu'à l'émergence de thèmes de recherche amont.

Par son expérience et ses nombreux travaux sur les moyens et méthodes de surveillance, sur le diagnostic de l'état des ouvrages, sur les procédés de réparation (et à la limite de démolition partielle) la France a d'importants atouts. Mais pour qu'une véritable ingénierie permettant des interventions globales - puisse se développer dans ce secteur, il convient de mettre sur pied une filière complète, allant des matériels d'accès (tels que les passerelles de visite), aux produits de réparation, en incluant notamment par les moyens d'auscultation et d'instrumentation, la méthodologie de diagnostic et l'inventaire des différents types de solutions.

La réussite d'une telle filière nécessite la collaboration des centres de recherche, des bureaux d'études et d'industriels, d'abord au niveau de la recherche et du développement, mais aussi au stade de la commercialisation des matériels et de leur utilisation.

Fiche D.6. FORMALISATION DES "REGLES DE L'ART" LOGICIELS DE CALCUL

L'adaptation de la normalisation et de la réglementation aux exigences actuelles d'une part, le développement du recours à "l'intelligence artificielle", pour la conception des ouvrages et l'établissement des plans d'autre part, impliquent la formalisation des règles de l'art, de façon analogue à ce qui a été développé en génie mécanique.

Cette formalisation des règles de l'art nécessitera sans doute, en plus de l'expérience des ingénieurs, la contribution des chercheurs et des experts notamment en "analyse de données" et en "conception assistée par ordinateur". Elle incitera également à créer des banques de données appropriées.

Enfin des logiciels de calcul modulaires s'avèreront vraisemblablement un bon support opérationnel pour la mise en application des barocodes de construction.

Fiche D.3. UTILISATION DES "TECHNIQUES AVANCEES"

Traditionnellement en France, pour des raisons structurelles, le secteur d'activité B.T.P. n'est pas étroitement lié au monde industriel ; de ce fait - en partie du moins - les transferts technologiques à partir des industries de pointe ne sont ni faciles, ni rapides.

Des conditions favorables à une analyse des possibilités et limites de l'introduction ou du développement dans le Génie Civil de nouvelles "technologies avancées" (telles que la robotique) existent dans les Ecoles d'ingénieurs notamment ; elles devraient être exploitées, et complétées par des structures opérationnelles de développement telles que des G.I.E. dans lesquels seraient associées des entreprises, des industriels et des centres techniques.

II-2-B- PROJETS NATIONAUX

Les projets nationaux sont des programmes de nature opératoire mettant en oeuvre des moyens pour atteindre des objectifs dans un délai donné.

Il s'agit en général de développement déjà préparés par des travaux de recherche antérieurs et où il apparaît que notre pays peut prendre une position déterminante.

Une liste de 12 projets a été établie. Elle pourra être complétée, dès la version 1985 du S.O.S.T., par un 13<sup>e</sup> projet "Génie Civil en zone arctique".

Il s'avère que l'état de maturité de ces projets diffère beaucoup de l'un à l'autre :

- un petit nombre a pu faire l'objet d'un programme défini par un contenu scientifique et technique, les participants potentiels, les échéanciers, et le budget correspondant,
- les plus nombreux sont une extension de contrats ou de convention de recherche en cours, dont le caractère collectif est encore trop limité par rapport à l'ampleur de la question à traiter. Leur programme pourra être établi dès que les résultats des travaux engagés seront disponibles,
- d'autres enfin exigent une étape préalable de consultation et de synthèse pour bâtir un programme.

Les fiches descriptives qui suivent traduisent cette différence dans l'état d'avancement : elles seront mises à jour dans les versions ultérieures du S.O.S.T..

LISTE DES PROJETS NATIONAUX

- 1 - Structures mixtes acier-béton
- 2 - Renforcement des sols
- 3 - Conception des ouvrages en zone sismique  
(calcul dynamique des structures)
- 4 - Creusement de tunnels (en terrain meuble et aquifère)
- 5 - Maîtrise de la fissuration du béton
- 6 - Ouvrages en mer
- 7 - Instrumentation des ouvrages et matériaux de mesure (in situ)
- 8 - Hydrologie
- 9 - Matériaux locaux
- 10 - Logiciels de calcul
- 11 - Modernisation des matériaux de chantier
- 12 - Voies nouvelles du matériau béton
- (13 - Génie Civil en zone arctique)

## PROJET NATIONAL N°1

STRUCTURES MIXTES ACIER-BETON1 - PRESENTATION DU PROJET

L'association du métal et du béton dans une même structure, en utilisant au mieux les qualités propres de chacun de ces matériaux, s'est révélée une voie particulièrement profitable sur le plan de l'économie, tant dans le domaine des ouvrages d'art que dans celui des bâtiments.

Dans les quinze dernières années, on a assisté à une évolution constante des techniques, dans le sens d'une plus grande efficacité de l'association des deux matériaux : le béton est bon marché, capable de transmettre les compressions, mais lourd. Le métal transmet les cisaillements et les tractions, il permet des structures très légères, mais il est très cher.

Deux approches se sont fait jour :

- Les ouvrages mixtes traditionnels : dont la conception se rapproche de celle des ossatures entièrement métalliques dont on a remplacé le plâtelage par une dalle participante en béton, moins onéreuse.
  - Les ouvrages en caisson précontraint à âmes métalliques : leur conception est celle d'un caisson en béton précontraint dont on a remplacé les lourdes âmes par des structures métalliques, plus performantes.
- La première approche a été développée depuis une vingtaine d'années par les constructeurs métalliques.
- La seconde provient d'idées beaucoup plus récentes d'ingénieurs spécialistes du béton.
- Les ressemblances évidentes de ces deux conceptions conduisent à une convergence des problèmes techniques et scientifiques qu'elles posent.

De nombreuses recherches ont été entreprises dans ce domaine, nous nous bornerons à signaler les plus récentes :

- a) Travaux du C.T.I.C.M., de l'INSA de Rennes et du SETRA
  - Etudes expérimentales des états-limites et comparaison aux textes réglementaires en vigueur.
  - Connexion par goujons soudés.
  - Comportement des dalles en béton sous effort normal alterné.
  - Voilement.
  - Etude de connecteurs à la fatigue.
- b) Travaux du I.C.P.C.
  - Dalles mixtes, type ROBINSON.
  - Connexions par anneaux soudés.
- c) Travaux d'entreprises privées concernant les caissons en béton précontraint mixtes
  - Etude des caissons à âmes métalliques plissées, faisabilité, efforts généraux et stabilité des tôles plissées (CAMFENON BERNARD)
  - Etude des caissons à âmes en treillis constitué de profilés, faisabilité, efforts généraux, noeuds mixtes, connecteurs de grande puissance ; (D.T.P./S.G.S. - essais réalisés au C.E.B.T.P.)
  - Etude des caissons à âmes métalliques planes raidies, faisabilité, efforts généraux, effets des déformations différées du béton (FOUCEROLLE - essais réalisés au C.E.B.T.P.)

Ces travaux ont été menés avec des aides de l'ANVAR, en collaboration avec le SETRA. Ils ont comporté des essais sur modèle réduit.

Ces essais ont évidemment fait progresser les connaissances dans le domaine du "mixte". Elles ont également dégagé un certain nombre de problèmes nouveaux. Certaines d'entre elles étaient d'ailleurs menées avec un esprit opérationnel immédiat : des compléments de recherche, avec un objectif de connaissance plus fondamentale, sont dans ce cas nécessaires.

## 2 - PROGRAMME

Le programme proposé dans le cadre de ce projet national ne recouvre pas l'ensemble des questions à traiter pour maîtriser la vaste champ des structures mixtes : les questions sélectionnées sont celles pour lesquelles les problèmes sont clairement posés aujourd'hui et qui sont importantes aux plans scientifique et économique.

### 1 - COMPORTEMENT DE LA CONNEXION ET MODELISATION NUMERIQUE

L'objet de la recherche est une meilleure connaissance du comportement et du calcul des liaisons entre le béton et l'acier qui implique trois phases :

- L'étude expérimentale du comportement des connecteurs selon divers modes de sollicitation, et pour divers modèles de connecteurs,
- L'intégration des lois de comportement (obtenues en Phase I) dans un modèle de calcul numérique de poutre mixte,
- la vérification sur modèles physiques du modèle numérique précédé.

Les opérateurs seraient :

INSA de Rennes - C T I C M - SETRA - L C P C - C E B T P.

### 2 - CONNEXION DE DALLE PREFABRIQUEE SUR POUTRE METALLIQUE

Les ouvrages d'art mixtes à dalle préfabriquée connectée sur une poutre métallique, présentent dans le cadre d'applications particulières (passerelle piétonne, auto-pont, planchers de bâtiment...) des intérêts techniques et économiques.

La mise en oeuvre de cette conception d'ouvrage d'art pose, du point de vue de la réalisation, deux problèmes particuliers :

- la conception et le comportement des joints,
- la réalisation du dispositif de connection dalle-poutre.

### 3 - COMPORTEMENT DES AMES DES PONTS MIXTES EN PHASE DE LANCAGE

Ce problème du comportement des âmes sous une charge locale importante (réaction des galets de roulement, ou des patins de glissement) gagnerait à être mieux connu, et contribuerait à avoir une meilleure appréciation sur le plan technique et économique de l'intérêt de lancer un pont mixte avec sa dalle "en place".

Les travaux porteraient conjointement sur trois voies d'investigation :

- essais in situ sur ouvrage réel de la phase de lancement du pont,
- essais en laboratoire sur poutres à âme mince pour diverses conditions de charge (poissonnement et moment fléchissant) et de raidissage des âmes,
- mise au point des règles et méthodes de calcul de dimensionnement et vérification.

Les opérateurs seraient :

C T I C M - S E T R A - Laboratoire des Structures à l'ENSAM.

Trois questions sont à étudier :

- Etude de la conception de la forme du joint, y compris son ferrailage en attente, et des dispositions constructives possibles de la connexion entre dalles préfabriquées,
- Choix d'un ou deux systèmes de connexion entre dalle et poutre métallique et essai de type "cisaillement simple" pour déterminer la loi de comportement du système de connexion,
- Réalisation de poutres mixtes à dalles préfabriquées pour des essais en flexion. Ces poutres seront essayées en flexion sous moment positif et sous moment négatif.

Les opérateurs seraient :

C E B T P - C T I C M - I N S A de Rennes - L C P C - SETRA.

### 4 - POINTS MIXTES A DALLE MIXTE COLLABORANTE

Les dalles mixtes collaborantes composées d'un bac acier nervuré et d'une dalle béton, sont utilisées avec succès dans le domaine du bâtiment, pour la réalisation de planchers.

On estime généralement que la dalle mixte collaborante d'un pont mixte conduirait à plusieurs avantages :

- amélioration de la sécurité lors du coulage du béton (réalisation d'une plate-forme de travail),
- contreventement supérieur des poutres sous chaussées (on évite le contreventement provisoire lors du lançage),
- diminution du coût de mise en oeuvre (coffrage de la dalle),
- amélioration de la durabilité et de l'entretien de l'ouvrage.

Pour que cette solution soit utilisée dans le domaine des ouvrages d'art, certains problèmes nécessitent d'être résolus tant sur le plan technologique que sur le plan technique.

La méthodologie à suivre pour mettre au point les solutions techniques, nécessite que soient successivement abordés et résolus les problèmes liés au comportement des sections mixtes (sous chargement statique puis sous chargement dynamique).

Le déroulement de ces travaux ne saurait être entrepris sans une liaison étroite avec une entreprise de construction métallique.

Les opérateurs seraient :

C T I C M - I N S A de Rennes - L C P C - SETRA.

D'autres actions de recherche sont d'ores et déjà en cours, il serait évidemment malencontreux de les freiner au profit des thèmes proposés.

Ce projet peut être lancé immédiatement, sous réserve que le financement en soit trouvé, dans la mesure où le programme précis de chacun des quatre sujets et les opérateurs correspondants sont définis.

## PROJET NATIONAL N°2

### RENFORCEMENT DES SOLS

Le renforcement des sols regroupe un ensemble de techniques d'amélioration des propriétés mécaniques des sols par mise en place d'inclusions résistantes travaillant à la traction, à la compression ou à la flexion.

Ce domaine constitue un sous-ensemble important du renforcement des terrains objet de la fiche D des sujets-clés de recherche.

Les techniques de renforcement des sols constituent un récent et vaste domaine appelé à se développer compte tenu des avantages économiques présentés par rapport à des solutions plus classiques. Leur fonctionnement mécanique reste souvent peu compris en dépit d'applications pratiques de plus en plus fréquentes et mérite des études approfondies en vue d'un meilleur dimensionnement des ouvrages.

#### 1 - ETAT ACTUEL DES TECHNIQUES DE RENFORCEMENT DES SOLS

On distingue dans l'ensemble des techniques celles se rapportant au renforcement de sols rapportés (Terre Armée, renforcement par géotextiles, grillages, membranes, Texsol, etc...) et celles se rapportant au renforcement des sols in situ (clouage, micropieux, colonnes ballastées). La France possède une avance à la fois technologique et théorique dans le développement de ces techniques qui ont toutes été inventées en Europe et plusieurs en France. Les économies réalisées par l'utilisation des sols renforcés expliquent le succès et le développement rapide de ces techniques. Il existe à l'étranger un marché potentiel important tant dans les pays fortement industrialisés que dans les pays en voie de développement.

A l'exemple de la Terre Armée, les recherches technologiques sur le renforcement des sols ont été jusqu'à présent le fait des entreprises, alors que les organismes de recherche et les bureaux d'études ont plutôt développé la partie liée au comportement et au dimensionnement des ouvrages. Il faut noter en outre que la pratique du renforcement des sols a presque toujours précédé la théorie.



Alors que des efforts financiers importants ont été faits au niveau des organismes publics pour la recherche sur le comportement des ouvrages en Terra Armée (environ 10 années de recherche dans les Laboratoires des Ponts et Chaussées), certaines autres techniques de renforcement couramment utilisées n'ont pas fait jusqu'à présent l'objet de recherches suffisantes pour qu'existent des méthodes de calculs sûres, économiques et appropriées.

La communauté professionnelle intéressée par la recherche sur le comportement et la dimensionnement des sols renforcés est large : elle comprend les entreprises de travaux publics, les bureaux d'études spécialisés en mécanique des sols et les organismes de recherches.

## 2 - PROGRAMME

Le programme de recherche à entreprendre dans les techniques de renforcement des sols couvre les applications suivantes :

- ouvrages de soutènement
- renforcement des pentes et des talus
- renforcement des sols de fondations.

Dans chacun de ces domaines et en liaison étroite avec les recherches technologiques développées par les entreprises, la recherche envisagée devrait permettre de connaître avec précision les mécanismes d'interaction sol-inclusion et de mettre au point des méthodes de dimensionnement permettant l'élaboration de règlements français.

En dehors de leur intérêt pour des utilisations courantes sous charges statiques, les sols renforcés se sont avérés avoir un bon comportement sous vibrations et lors des séismes. Cet aspect qui a des conséquences économiques importantes à l'exportation justifie une étude approfondie du comportement et du dimensionnement dynamiques.

On peut distinguer suivant le type de sol à renforcer deux domaines qui diffèrent également par les types de techniques utilisés :

- le renforcement des sols rapportés

- le renforcement des sols en place.

Le domaine du renforcement des sols en place est celui qui nécessite le plus de recherches et dans ces recherches, l'action prioritaire concerne les soutènements in situ par la méthode du clouage des sols (en vue notamment d'une utilisation courante pour les ouvrages définitifs). En effet, le développement technologique apporté récemment par les entreprises françaises couvre un champ d'activités intéressant mais encore souvent limité à des ouvrages provisoires. Pour la promotion de cette nouvelle technique, les sujets suivants doivent être approfondis :

- 1 - Interaction sol-inclusion : Efforts développés dans les inclusions. Effet de l'inertie et de l'orientation des inclusions. Essais en laboratoire représentatifs de l'interaction.
- 2 - Effet du renforcement sur le champ des déformations : Mobilisation des efforts dans les inclusions. Influence des phases de construction de l'ouvrage.
- 3 - Analyse du comportement des ouvrages : Expérimentations en vraie grandeur. Modèles en semi-grandeur. Etude paramétriques sur modèles réduits. Etudes théoriques par modélisation numérique.
- 4 - Modélisation et méthodes de calcul.

Les autres actions de recherche qu'il est souhaitable de développer dans le domaine du renforcement des sols concernent :

- Le comportement et le dimensionnement dynamiques des ouvrages en sols renforcés (résistance aux vibrations, aux chocs, aux séismes) domaine dans lequel les connaissances sont actuellement très limitées.
- Le renforcement des sols de fondations. Il s'agit d'un secteur en plein développement où les techniques et les innovations sont nombreuses : micropieux, inclusions de sol stabilisé par injection sous haute pression ou malaxage, inclusions de sol granulaire, inclusions par compactage dynamique, géotextiles, grillages, Tensol, etc.

- Le renforcement des pentes et des talus pour les sols en place ou en remblai (clouage, micropieux, grillages, Tensol, etc....).

PROJET NATIONAL N°3

CONCEPTION DES OUVRAGES EN ZONE SISMIQUE  
(calcul dynamique des structures)

L'amélioration de la conception des ouvrages comporte plusieurs volets parmi lesquels : calculs dynamiques, essais, comportement après séisme des structures.

L'objet principal du projet national est le calcul dynamique des structures.

1 - CALCUL DYNAMIQUE DES STRUCTURES

Situation actuelle :

Le calcul dynamique des structures a connu ses premiers développements dans des domaines tels que les chocs et les vibrations, les moteurs, les machines tournantes et l'aéronautique, dans lesquels les forces excitatrices sont la plus souvent bien connues et où le recours quasi-systématique à l'expérimentation sur maquette ou sur prototype permet de mettre au point et de valider les modèles de calcul.

Les applications du calcul dynamique dans le domaine des séismes ont pendant longtemps été freinées par :

- le faible nombre de données d'enregistrement disponibles pour les mouvements forts ainsi que leur représentativité
- l'allure extrêmement irrégulière des mouvements sismiques
- l'importance des effets non-linéaires dans les structures qui implique, pour des études détaillées, l'utilisation et l'implantation dans les codes de calcul de lois complexes pour décrire le comportement des matériaux
- les difficultés des études expérimentales de validation des modèles sur tables vibrantes.

Depuis le début des années soixante-dix, le développement des études liées aux ouvrages, dont les impératifs de sécurité sont particulièrement stricts et l'apparition d'ordinateurs de plus en plus puissants, ont donné une impulsion remarquable aux applications sismiques du calcul dynamique.

De nombreux problèmes, dont la solution apparaissait comme pratiquement hors de portée il y a dix ou quinze ans, ont pu être traités et, corrélativement, de nouveaux problèmes se sont posés : la situation actuelle peut être résumée schématiquement de la façon suivante :

"un ensemble de méthodes et de codes de calcul sont maintenant disponibles pour effectuer l'analyse sismique de la plupart des structures, du moins celles pour lesquelles les effets non-linéaires sont soit négligeables, soit justiciables d'une simple correction".

Dans ce contexte, l'évolution du calcul dynamique non-linéaire des structures, peut paraître une démarche sans grande signification si l'on ne met pas en évidence l'élément qui doit conditionner ce développement à savoir : l'appréciation des marges de sécurité par rapport à la ruine.

## 2 - PROGRAMME DE RECHERCHE

Il est possible d'indiquer les questions à traiter pour la mise au point des méthodes de calcul, l'organisation du logiciel, et leur validation.

- a) - des études expérimentales spécifiques concernant les lois de comportement des matériaux ; en effet, les modèles non-linéaires requièrent la connaissance détaillée de ces lois (comportement en flexion et/ou cisaillement).
- b) - une quantification plus précise des "coefficients de comportement" qui permettent d'évaluer la tenue aux séismes des structures à comportement non-linéaire à partir de calculs purement conventionnels en régime linéaire.

c) - la mise au point des méthodes de calcul et des logiciels performants d'accès simple traitant la non-linéarité structurelle et la non-linéarité externe :

- décollements des fondations

- sous-pression d'eau

- joints : \* évaluation des caractéristiques des matériaux amortissants

- \* recherche sur la formulation de matériaux facilement dégradables : matériaux fragiles à matrices solubles ou vieillissantes à l'air

- \* calculs dynamiques par éléments finis de type classique

- \* recherche des modes propres par éléments finis mixtes multicouches

d) - la validation par des essais des différentes phases de l'analyse numérique ; essais des maquettes en micro-béton sur table vibrante, proches des structures réelles ; examen du comportement en fonction de l'évolution des charges permanentes.

e) - l'incidence des éléments non-structuraux sur la réponse dynamique des structures

f) - la prise en compte de la stabilité élastique-flambage

g) - étude de l'action simultanée des trois composantes du mouvement sismique

C'est en partant de ces préoccupations communes qu'il est proposé de développer le calcul dynamique des structures dans le domaine non-linéaire pour obtenir une meilleure connaissance du comportement des structures, de la sécurité et par delà-même la diminution du coût de la protection parasismique.

## II - MOYENS D'ESSAIS - TABLE VIBRANTE SISMIQUE

Plusieurs commissions se sont réunies pour examiner l'opportunité de cet équipement, des rapports ont été établis.

Dans le cadre de ce projet national, il paraît souhaitable non seulement :

- d'établir un inventaire des utilisateurs potentiels et de leurs besoins concrets
- et d'explorer les conséquences sur la position des Entreprises Françaises du Bâtiment et des Travaux Publics dans la compétition internationale
- mais aussi d'analyser l'utilité d'une table vibrante sismique comme outil de validation des calculs dynamiques.

## III - MISSIONS D'INFORMATION APRES UN SEISME MAJEUR

(p.m. : cf nota fiche C2)

Afin de valider certaines hypothèses et méthodes de calcul et le bien-fondé des dispositions réglementaires, il est fondamental d'envisager l'envoi de spécialistes dans les régions ayant subi les

conséquences d'un séisme majeur.

Bien entendu, le choix devra être soigneusement effectué et il y aura lieu de préférer celui dont les ouvrages ont été "calculés au séisme".

PROJET NATIONAL N° 4  
CREUSEMENT DE TUNNELS  
EN TERRAIN MEUBLE ET AQUIFERE

I - SITUATION ACTUELLE

On constate actuellement en France, du fait de la réduction des programmes de travaux souterrains, un ralentissement de la progression et du développement des techniques de construction des tunnels.

Cette situation apparaît plus nettement lorsqu'il s'agit d'excaver des terrains meubles et aquifères pour y construire des tunnels comme c'est généralement le cas en site urbain. Le sous-sol des grandes agglomérations est en effet très souvent composé de formations sédimentaires baignant dans la nappe aquifère. Or, c'est dans les grandes villes que se manifestent les besoins les plus importants en ouvrages souterrains : réseaux d'assainissement, galeries techniques, passages souterrains routiers, métro, etc...

Ces réalisations sont d'une exécution d'autant plus délicate, dans un environnement urbain, que l'on cherche à les situer le plus près possible de la surface pour éviter la charge d'eau et les contraintes d'exploitation résultant de l'approfondissement des ouvrages.

L'utilisation des méthodes de terrassement à "ciel ouvert" s'avère de plus en plus difficile en raison de la densité des constructions et la présence des réseaux existants. Les chantiers de surface sont mal supportés par les riverains du fait des entraves créées à la circulation et des nuisances diverses dues au bruit et à la poussière notamment.

Il apparaît de plus en plus nécessaire, dans la conception des projets, de s'orienter vers des tunnels exécutés par cheminement horizontal pour éviter ces multiples contraintes et ne pas perturber le trafic routier en surface.

Mais dans des formations meubles baignées par la nappe aquifère, souvent rencontrée lors d'un creusement à l'avancement, les difficultés de terrassement et de soutènement, si l'on a le souci justifié d'éviter des désordres aux édifices existants, sont toujours grandes et conduisent à des opérations longues et coûteuses.

Certes, de grands progrès ont été faits dans la période de 1960 à 1975 où le secteur des travaux souterrains a été marqué en France par la réalisation de projets importants et la mise au point de méthodes novatrices, telles que les traitements systématiques des terrains et les procédés de soutènement destinés à combattre les tassements. Toutefois, ces méthodes sont mieux adaptées à l'exécution d'ouvrages ponctuels ou au passage de zones délicates qu'à l'exécution en continu et avec des moyens industriels d'un ouvrage de section constante.

Les procédés d'accompagnement du creusement, comme les traitements de terrains par injections sont longs et coûteux et, malgré les progrès accomplis, leur utilisation doit être très sélective en raison de l'hétérogénéité des formations géologiques à traverser. L'obligation d'effectuer un soutènement classique conduit à des dépenses en main-d'œuvre spécialisée importante. L'usage du bouclier à air comprimé est de plus en plus réduit du fait des conditions de travail du personnel.

Pour ces motifs, on assiste actuellement, dans le monde, au développement de méthodes offrant un domaine de possibilités supplémentaires et de nature à promouvoir la construction des tunnels dans des conditions d'exécution plus sûres et plus rapides ; ceci malgré la mauvaise qualité des terrains et la présence d'eau. Il s'agit essentiellement de l'utilisation de tunneliers avec adjonction de systèmes de confinement à la boue ou par poussée des terres. De nombreuses applications ont déjà été effectuées principalement au Japon et en Allemagne.

Cette "industrialisation" du creusement des tunnels, grâce à la modernisation et à l'automatisation, dans des terrains qui ne pouvaient être traversés jusqu'à présent qu'à grand renfort de procédés spéciaux, est de nature à mettre en situation difficile les entreprises françaises et les possibilités d'exportation. On assiste incontestablement à une

dévaluation des méthodes classiques qui ont été très poussées en France, comme celles de la tranchée "ouverte" ou "ouverte" avec toutes les gammes de procédés par parois moulées, préfabriquées, berlinoises et palplanches.

En égard aux besoins du marché, il a paru indispensable d'entreprendre des recherches nouvelles pour une mise à niveau des connaissances dans le domaine considéré, pour développer des procédés encore peu utilisés et pour perfectionner des méthodes ayant fait leurs preuves surtout à l'étranger. C'est dans cette situation que le maître d'ouvrages de la construction de la ligne D du métro de Lyon, la SEMALY, a engagé, en 1983, une recherche accompagnant la mise en service, pour la première fois en France, d'un bouclier à pression de boues.

Le programme de recherche comporte quatre points :

- soutènement liquide et détection des anomalies au front
- marinage hydraulique
- revêtement de tunnel en béton renforcé de fibres d'acier mis en oeuvre par pompage sous pression
- mesures in situ et calculs.

## 2 - PROJET PROPOSE

Une extension de cette recherche est proposée en vue du développement des procédés existants, susceptibles d'être mis en oeuvre en France ou à l'étranger à la faveur de prochains chantiers.

Pour aboutir dans cette voie, il paraît judicieux d'exploiter les opportunités offertes par l'engagement à court terme de certaines opérations comportant, au moins partiellement, des tunnels ou des galeries dans des terrains sans cohésion : (Ligne D du métro de Lyon, p.m., tunnels du TGV Atlantique, éventuellement ligne lbis du métro de Lille, tramway de Strasbourg, galeries d'assainissement à Bordeaux, etc...)

Il existe en France une organisation structurée, sans but lucratif, dont le rôle est de promouvoir les travaux souterrains. Elle réunit tous les spécialistes du Génie Civil qu'ils soient concepteurs, maîtres d'oeuvre, entrepreneurs ou constructeurs, et est capable par l'intermédiaire de son comité technique de piloter une telle action. Il s'agit de l'Association Française des Travaux en Souterrain (AFTES) dont un groupe de travail est déjà chargé de recherches en matière de mécanisation de l'excavation. Elle offre un milieu propice à la réflexion sur le programme de recherche à définir à la suite des premiers résultats du programme SEMALY en cours et à la coordination des moyens à mettre en oeuvre.

Enfin, par ses possibilités de publication dans sa revue spécialisée, l'AFTES peut diffuser les informations d'ordre général afin de mieux sensibiliser les spécialistes français.

## PROJET NATIONAL N°5

MAÎTRISE DE LA FISSURATION DU BÉTON1 - SITUATION ACTUELLE

La richesse du patrimoine français d'ouvrages en béton non armé, armé ou précontraint permet de bien poser le problème de la maîtrise de la fissuration du béton, auquel sont confrontés les constructeurs de tous les pays.

Ce problème est aussi au coeur du débat sur la conception - récente - du béton partiellement précontraint, qui a fait l'objet d'un séminaire international à Paris du 18 au 22 Juin 1984.

La fissuration du béton a suscité en France comme à l'étranger de nombreux travaux individuels depuis plusieurs décennies.

Mais la nécessité d'une coopération s'est imposée depuis moins de 10 ans.

C'est ainsi que, selon les termes du contrat de recherche associative A.F.B. - A.F.R.E.M. passé avec le M.I.R. en 1983 "à l'initiative du Laboratoire Central des Ponts et Chaussées, Monsieur R. FELTIER puis Monsieur M. LE FRANC ont dirigé un groupe de réflexion sur la fissuration".

Cette réflexion a été rendue nécessaire par l'importance des désordres survenus à certains ouvrages en béton armé ou béton précontraint, tant dans le domaine du bâtiment que celui des ouvrages d'art.

Les travaux du groupe, commencés dès le début de 1976, ont abouti à la publication d'une plaquette : "Maîtriser les fissures", qui recensait le détail des questions que l'on pouvait se poser à ce sujet. Puis, une table ronde, en 1979, et une journée d'étude, en 1980, ont réuni les meilleurs spécialistes français dans ce domaine, et permis d'établir une synthèse des connaissances.

A l'issue de ces travaux en Septembrs 1982, le groupe a dégagé les conclusions suivantes : la fissuration, à peu près inélucltable en béton armé, n'est pas maîtrisée aujourd'hui, et son influence sur la durabilité des ouvrages est mal connue ; cette méconnaissance peut conduire, dans certains cas, à surdimensionner des ouvrages au stade du projet ou à entreprendre des réparations onéreuses sans véritable utilité ; dans d'autres cas, elle peut amener à négliger des fissures pathologiques qui, par leur évolution, peuvent mettre en danger la vie d'une structure.

Une recherche tendant à mieux connaître l'amorçage, l'évolution et les conséquences de la fissuration permettrait donc de concevoir à moindre coût des ouvrages offrant une meilleure garantie de durabilité.

Les cinq thèmes de recherche suivants ont été dégagés par le groupe :

- 1 - origine et mécanisme de la micro-fissuration
- 2 - corrélation entre fissuration (du béton) et corrosion (des armatures)
- 3 - enseignements à tirer de l'analyse des désordres constatés sur les ouvrages
- 4 - étude du mécanisme de la fissuration du béton partiellement précontraint
- 5 - conception ~~de matériaux et procédés~~ nouveaux en vue d'améliorer la tenue à la fissuration.

L'Association Française du Béton et l'Association Française d'Essais de Recherche sur les Matériaux et les Constructions, après avoir participé aux travaux du groupe, ont entrepris en commun, dans un premier temps, une action de recherche sur les quatre premiers thèmes ci-dessus. Le cinquième thème nécessite une réflexion préalable et ne pourra être complètement défini qu'au vu des résultats des thèmes 1 et 3 ci-dessus ; son étude sera donc proposée ultérieurement.

Les résultats à attendre de l'action proposée sont les suivants :

- Pour le thème 1, une meilleure connaissance du mécanisme de la fissuration susceptible d'orienter la recherche de matériaux et procédés nouveaux permettant de la maîtriser.
- Pour le thème 2, une remise en cause fondamentale des règlements de calcul actuels, qui pourrait engendrer une réduction notable des coûts de construction.
- Pour le thème 3, une connaissance plus complète de la fissuration en vraie grandeur, qui peut conduire à une amélioration de la conception des structures en béton.
- Pour le thème 4, l'établissement des bases nécessaires à une réglementation rationnelle du béton partiellement précontraint.

Tous ces objectifs répondent au souci de maintenir la compétitivité des "professionnels de la construction (ingénierie et entreprise) sur le marché mondial, sans porter préjudice à la sécurité ni à la qualité des constructions".

La recherche engagée contractuellement en aout 1983 fait intervenir sous le pilotage de l'AFB et l'AFREM :

- La CNETP, le CERILH, l'Ecole Centrale des Arts et Manufactures, l'Ecole Polytechnique (Laboratoire de Mécanique des Solides), l'INSA de Toulouse, le LCPC, le SETRA, et des experts.

Entre temps, les organismes de recherche qui s'étaient engagés séparément dans des voies nouvelles pour rechercher les conditions d'amorçage et de propagation des fissures dans le béton et le béton armé (l'ENSEST, le LCPC, le IMS, et l'UTC) ont effectué une recherche concertée sur la "rupture du béton en traction hydraulique" financée en 1981 par la DGRST, dont les conclusions déposées en mai 1984 n'ont pas encore été exploitées.

Enfin un groupe de travail de l'AFREM, qui a engagé, depuis 1982, une analyse des applications de la mécanique de la rupture à la conception et la justification des divers types d'ouvrage en béton, prépare un rapport de synthèse et des propositions.

## 2 - PROJET PROPOSE

Le projet consiste à :

- faire la synthèse de l'ensemble des résultats des travaux en cours (mentionnés dans le texte complet du projet) et des avis recueillis notamment au cours du séminaire international sur le béton partiellement précontraint.
- formuler de façon explicite et précise les questions dont dépend la maîtrise de la fissuration, sur lesquelles la communauté scientifique et technique ne sont pas en mesure aujourd'hui d'apporter des réponses suffisamment argumentées pour entraîner un consensus.
- établir un programme conçu pour apporter les éléments objectifs de réponse à ces questions. Si ce programme ne pourra être arrêté qu'après le travail de synthèse en séminaire prévu vers la fin du premier trimestre 1985, il est d'ores et déjà possible de proposer ses grands thèmes :

- 1 - Détermination de l'importance relative des différents facteurs qui gouvernent la mécanique et la cinétique de la propagation des fissures macroscopiques dans un ouvrage :
  - facteurs liés au matériau béton :
  - teneur en eau, nature des composants, maturité, existence d'un réseau de microfissures à l'état initial, caractère visco-élastique vieillissant.
  - facteurs liés à la conception de l'ouvrage :

configuration des champs de déformation résultant de la géométrie des éléments de l'ouvrage, et des types de chargement : stationnaire, répété ou alterné.



conception du réseau des armatures passives et des armatures actives (de précontrainte éventuelle) : réparation, densité, propriétés mécaniques et technologiques (d'adhérence notamment)

- facteurs liés aux actions imposées à l'ouvrage, autres que les actions mécaniques : température, hygrométrie, environnement agressif vis-à-vis des matériaux (bétons et armatures) pour se prémunir notamment contre les phénomènes de fatigue-corrosion.

2 - Elaboration de modèles permettant de représenter et de prévoir le fonctionnement d'ouvrages en béton, béton armé et/ou précontraint, fissuré aux différents stades (microfissures discontinues, ou coalescées, ou fissures macroscopiques), en utilisant les trois concepts dont l'intérêt résulte des travaux antérieurs précités :

concepts d'endommagement, d'énergie de fissuration et d'homogénéisation (adaptés au cas du matériau composite à caractère visco-élastique vieillissant qu'est le béton armé)

3 - Mise au point d'essais de caractérisation des bétons sur corps d'épreuves de dimensions courantes en laboratoire, représentative des propriétés du matériau en place, pour :

a - doter les bureaux d'études de moyens de prise en compte dans les calculs du comportement du béton vis-à-vis de la fissuration dont ne rendent pas compte la résistance à la traction-flexion ni a fortiori la résistance à la compression.

b - doter les laboratoires de nouveaux outils de recherche de bétons satisfaisant des exigences fixées de comportement vis-à-vis de la fissuration.

PROJET NATIONAL N°6

OUVRAGES EN MER

1 - SITUATION ACTUELLE

La construction et la mise en service de nombreuses plates-formes pétrolières en mer et la tendance à repousser vers le large les zones concernées par les ouvrages côtiers de génie civil s'accompagnent de travaux de recherche spécifiques destinés à étendre les limites d'utilisation des matériaux utilisés et mieux prévoir le comportement des structures en environnement marin.

Pour mener ces recherches, les différents partenaires intéressés (Institut Français du Pétrole, CNEKO, entreprises spécialisées, laboratoires) ont créé plusieurs Associations renforcées par un Conseil de liaison des Associations de Recherche sur les Ouvrages en Mer (CLAROM).

- L'Association de Recherche sur l'Action des Elements (ARAE) qui se préoccupe des paramètres caractérisant l'environnement (houle, courants, vent).

- L'Association de Recherche en Géotechnique Marine (ARGEMA) pour les sols marins.

- L'Association de Recherche sur le comportement des Structures Métalliques en Mer (ARSEM) et l'Association de Recherche sur le Béton en Mer (ARBEM) pour l'emploi et le comportement des matériaux.

L'orientation actuelle des études et recherches est marquée par les tendances suivantes :

- Souci accru de la sécurité des ouvrages, mais aussi recherche d'économie sur les coûts de construction.

- Développement des techniques d'inspection des structures au moyen de mesures in situ non destructives.
- Extension des concepts de plates-formes à des profondeurs d'eau croissantes.
- Perspectives d'exploitation des ressources des mers arctiques.

## 2 - PROJET PROPOSE

Les études théoriques et les expériences de laboratoire en environnement simulé, ne rendent compte que partiellement du comportement réel des ouvrages en mer, compte-tenu des dimensions de ces derniers.

Les mesures sur site dont on dispose donnent des informations intéressantes mais souvent fragmentaires et difficiles à généraliser : cette expérience permettrait néanmoins de prévoir des plans d'instrumentation plus complets et plus cohérents.

Il est donc proposé de mener une expérimentation en environnement réel sur une structure existante ou à créer, instrumentée de manière à mesurer et interpréter les paramètres de comportement qui conditionnent la sécurité des ouvrages en mer.

Le programme devrait comprendre :

- La mesure de contraintes, déformations, déplacements et accélérations en différents points de la structure.
- La mesure des paramètres d'environnement au voisinage de l'ouvrage (houle, vent, courant).
- L'observation de la qualité des matériaux et de son évolution, en particulier vis-à-vis des risques de corrosion.
- Des mesures géotechniques destinées à apprécier l'interaction sol - structure (fondations, ancrages).

De plus, selon le type de structure retenu et l'emplacement de celle-ci, l'accent serait mis sur tel ou tel point particulier :

- Effets de la pression hydrostatique (grande profondeur d'eau).
- Réponse dynamique de l'ouvrage excitée naturellement (houle).
- Essais de matériaux nouveaux (béton léger ou à très haute résistance, acier, éléments mixtes acier-béton, revêtements de protection).
- Développement de méthodes de mesure et de moyens de saisie et de traitement de l'information (en temps différé et en temps réel).

Les résultats ainsi acquis en réel donneraient la possibilité de caler correctement les modèles de structure qui seraient ultérieurement soumis, à une échelle convenable, à des essais en laboratoire - cuve à houle aléatoire tridimensionnelle - qui permettent plus aisément d'analyser les effets d'événements exceptionnels.

PROJET NATIONAL N°7

INSTRUMENTATION DES OUVRAGES ET MATERIELS DE MESURE (in situ)

1 - SITUATION ACTUELLE

L'activité de conception et de mise au point de moyens de mesure et d'instrumentation est largement développée dans les organismes de recherche expérimentale.

Si les outils d'investigation en laboratoire sont presque aussi précis et fiables que l'exigent les recherches sur corps d'épreuves en salles d'essais, ils n'ont pas toutes les propriétés de robustesse, de commodité et de sécurité d'emploi, ou de maintien dans le temps de leur qualité initiale, requises dans le cas d'instrumentation des ouvrages et plus généralement des mesures ou observations de longue durée in situ, lorsque les conditions d'environnement sont agressives.

Par ailleurs toutes les grandeurs d'importance déterminante en génie civil - telles que les forces - ne sont pas encore directement mesurables.

Enfin les supports logistiques d'intervention sur le site, et d'exploitation des informations en temps réel, sont tout-à-fait insuffisants pour valoriser tous les moyens de mesures et de contrôle non destructif existants.

2 - PROJET PROPOSE

A partir d'un recensement des ressources d'idées ou de prototypes, dispersées dans les nombreux organismes intéressés par l'instrumentation et les moyens de mesure in situ, il s'agirait de définir des programmes de recherches dans 4 voies :

- la conception de nouveaux capteurs permettant d'acquérir des données précises, pendant la durée nécessaire, sur les actions imposées aux ouvrages, et notamment les forces ;

- l'analyse exhaustive des différents phénomènes (physiques, chimiques...) étudiés par les fondamentalistes dans diverses disciplines, en vue de détecter de nouvelles méthodes d'investigation, notamment pour la connaissance du milieu naturel, et pour l'auscultation de l'état des ouvrages et/ou de leur fonctionnement ;
  - l'adaptation des moyens modernes de transmission, de visualisation, d'exploitation et de gestion des résultats de mesures et d'observations ;
  - l'étude de matériels d'accès aux points d'investigation voulus, offrant des conditions de travail sûres et adaptées aux opérations à réaliser.
- Un séminaire sera organisé, conjointement par le CEBTP et le LCPC, au dernier trimestre 1984 ou au premier trimestre 1985 ; ce séminaire devrait permettre de bâtir les programmes du projet proposé.

## PROJET NATIONAL N°8

HYDROLOGIEAVERTISSEMENT

Cette fiche concerne un domaine relevant également du programme prioritaire de recherche et d'innovation "Urbanisme et Technologies de l'Habitat". En effet, l'hydrologie fait partie du champ du génie urbain, vaste secteur d'intervention où la connaissance du cycle urbain de l'eau nécessite un approfondissement du savoir en matière d'écoulement ou de gestion des réseaux.

Les résultats de cette action, menée au titre du programme du Génie Civil seront donc directement utilisables au niveau du programme "Urbanisme et Technologies de l'Habitat". Il serait souhaitable que les formes de mise en oeuvre du programme décrites dans la fiche fassent l'objet d'une coordination et d'une concertation avec les responsables du Plan Urbain, chargés de la mise en place du programme de recherche intéressant le génie urbain, ceci afin d'éviter les "doublons" et d'assurer une parfaite complémentarité des actions.

1 - SITUATION ACTUELLE

Les techniques de l'eau, particulièrement de l'assainissement, ne sont qu'un volet du génie urbain. Mais c'est dans ce domaine que le progrès apparaît le plus urgent dans les pays industrialisés et le plus porteur de transferts vers les pays en développement.

L'homme a appris à investir et à modifier la nature (villes, zones industrielles, ouvrages de régulation des rivières), mais il mesure et gère encore imparfaitement son propre impact :

- la prévision des crues fait appel à des séries statistiques (pluviométrie, jaugeage) mais intègre mal les effets des nouveaux ouvrages ;

- les facteurs de pollution se développent et sont insuffisamment maîtrisés (par exemple, on sait mal définir et traiter la "petite pluie" qui collecte une part croissante des matières polluantes urbaines) ;
- on n'exploite pas les réseaux en temps réel, faute surtout de moyens de mesure simples et fiables (débits, charges polluantes) ;
- on gère difficilement l'extension des réseaux, particulièrement dans les pays en développement où les villes ne sont pas des créations organisées et harmonieuses, mais le produit de l'urbanisation spontanée et d'équipements sommaires apportés après coup à 5, 10 ou 20 millions d'habitants (Manille, Singapour, Le Caire, Kinshasa, ...)
- on commence à peine à valoriser les sous-produits de l'assainissement (biomasse, compost, ...).

Nous disposons cependant en France d'atouts essentiels : une assez bonne formulation des problèmes et des règles destinées à leur solution (exemple : évaluation des précipitations et du ruissellement) ; une prise de conscience et une compétence certaines au niveau de gestionnaires, collectivités et organismes spécialisés (agences de bassin) ; une avance indiscutable dans les procédés d'épuration ; des concepteurs qualifiés et des laboratoires spécialisés, disposant d'outils physiques et mathématiques en pointe devant la concurrence internationale.

C'est dans le domaine de la recherche appliquée aux modèles et à la mesure que les besoins croissants semblent de plus en plus difficiles à satisfaire.

2 - PROJET PROPOSE

Une liste du souhaitable serait longue. Il faut définir des priorités ; l'énoncé suivant n'est pas exhaustif :

- 1 - développement des modèles mathématiques d'écoulement en rivière (les modèles physiques, plus fins et bons supports de concertation avec les gestionnaires, ne suffisant pas à couvrir les champs d'hypothèses) ; meilleure intégration de l'impact sur les crues des ouvrages nouveaux et généralement des modifications apportées au bassin versant et au cours d'eau ; cas de l'écoulement en zone urbaine ou semi-urbaine.
- 2 - méthodes de diagnostic sur réseaux d'assainissement existants (pour l'amélioration comme pour la gestion).
- 3 - modèles mathématiques de réseaux d'assainissement intégrant les divers cas d'écoulement (en charge, à surface libre).
- 4 - recherche de procédés et matériaux économiques pour la réalisation des modèles physiques.
- 5 - principes de conception adaptés aux pays à main-d'oeuvre peu qualifiée ; adaptation, notamment des procédés d'épuration.
- 6 - amélioration (simplicité, fiabilité) des instruments de mesure (niveaux, débits, pollution).
- 7 - valorisation des sous-produits de l'assainissement.

Bien que les actions soient toutes urgentes, la priorité la plus élevée doit être attribuée aux trois premières.

PROJET N°9

MATÉRIAUX LOCAUX

1 - SITUATION ACTUELLE

L'abondance, dans nos pays, de gisements d'agrégats de très bonne qualité, a conduit à établir des règles de l'art préconisant une sélection rigoureuse des matériaux utilisés et un rejet systématique de ceux qui n'entrent pas dans les classes normalisées ; les recherches se sont concentrées sur les propriétés des matériaux correspondants et ont moins porté sur l'utilisation de matériaux "sub-normaux".

Actuellement, les gisements commencent à s'épuiser et il devient de plus en plus difficile d'approvisionner les chantiers sinon en acceptant des distances de transport importantes et des coûts très élevés.

Dans les pays neufs, l'ingénieur se trouve confronté à des problèmes analogues dans des régions qui se trouvent naturellement dépourvues de tout matériau de bonne qualité.

L'utilisation systématique de matériaux locaux est devenue une nécessité.

Les recherches récentes qui ont commencé sur ce sujet (notamment sur les sables et les calcaires sub-normaux, pour le territoire métropolitain) montrent qu'il n'y a pas réellement de matériaux impropres, mais plutôt des matériaux mal utilisés, soit parce qu'on n'a pas défini avec précision leur domaine d'utilisation faute de recherches suffisantes, soit parce qu'on n'a pas, pour la même raison, étudié et mis au point les produits correctifs à leur ajouter (notamment sous-produits ou déchets industriels).

L'objet des recherches à mener est l'examen systématique, par une approche scientifique, des propriétés (résistance, durabilité, retrait, fluage...) de matériaux locaux abondants et économiques, à utiliser soit seuls, soit additionnés de produits correctifs.

## 2 - PROJET PROPOSE

Le caractère assez prometteur de recherches en cours sur l'utilisation du soufre comme liant, pour la fabrication de parpaings dans les pays où ce résidu du pétrole est abondant, le ciment cher et l'eau rare, montre qu'il existe une direction de recherches vers des liants nouveaux mais cette approche est trop limitée pour justifier un programme d'une certaine ampleur.

Par contre deux applications dont l'objet d'une demande considérable :

- La réalisation des chaussées routières
- la construction en béton de ciment.

Ce sont deux programmes de recherche qui sont proposés :

### - Les chaussées routières

Des recherches préliminaires, au financement desquelles a participé la D.A.E.I. (Ministère de l'Urbanisme et du Logement), s'achèvent actuellement ; elles ont porté sur l'utilisation des latérites, des sables, des matériaux volcaniques, des tufs calcaires, des argiles gonflantes ; sur la caractérisation géotechnique des sols à partir de données pédologiques ; sur le compactage à sec ; sur l'emploi des géotextiles pour renforcer les talus.

Il convient d'amplifier ces recherches en poussant l'analyse des propriétés des matériaux et en les diversifiant (il y a par exemple autant de types de latérites que de régions).

Ces recherches doivent être menées en étroite coopération avec les pays concernés par chaque type de matériaux, pour tenir compte de leurs conditions politiques, économiques, sociales et humaines. Le Colloque "Routes et Développement" que vient d'organiser l'ENPC et l'ISTED (Mai 1984), auquel participaient près de 300 délégués étrangers, principalement de pays en développement, a montré l'intérêt mondial pour ce problème.

## - La construction en béton de ciment

Tous les facteurs, agrégats utilisables localement, mode de mise en oeuvre que les conditions d'un pays permettent, qualité des ciments commercialisés localement, agressivité des eaux, température, degré d'humidité, ont une influence déterminante sur les caractéristiques des bétons et sur l'emploi qui peut en être fait ; la conception même des ouvrages peut en être affectée (les voiles minces et les poteaux très ferraillés tels qu'on en trouve par exemple dans les immeubles de grande hauteur sont peut-être à proscrire dans les climats très humides, ce qui ne serait pas sans conséquences sur l'architecture et sur l'urbanisme de ces régions).

Le programme doit porter sur l'étude systématique des performances du béton et notamment la durabilité, lorsqu'on fait varier dans une large gamme, tous les facteurs. Des recherches ont été entreprises ces dernières années en particulier par le CEREP en Côte d'Ivoire : les résultats peuvent servir de point de départ à un programme plus vaste.

La coopération avec les pays eux-mêmes est indispensable.

## PROJET NATIONAL N°10

LOGICIELS DE CALCUL1 - SITUATION ACTUELLE

Les ouvrages de génie civil sont calculés suivant des règlements définissant des charges conventionnelles de différents types ainsi que les contraintes admissibles par les matériaux utilisés suivant leur nature et leur mise en oeuvre. Ces règlements nationaux s'appliquent à des ouvrages réalisés par de grands maîtres d'ouvrages (Etat - ENF - SNCF - RATP etc...), les lois de décentralisation n'ont pas prévu de les rendre applicables de manière automatique aux ouvrages réalisés par d'autres collectivités. Ils mettent en oeuvre une modélisation simplifiée du comportement des matériaux et des charges et intègrent à la fois des règles empiriques relatives à l'art de construire et des éléments de sécurité. On devra s'interroger au titre de la normalisation notamment sur l'extension des règles de sécurité à l'ensemble des ouvrages, dans un souci d'homogénéité.

Par ailleurs, les matériaux lors de leur mise en oeuvre n'ont pas toujours atteint leur limite de résistance qu'il s'agisse de matériaux faisant prise en place comme la béton, ou de matériaux mis en contrainte en place.

De nouveaux moyens de calcul sont disponibles par suite :

- 1 - de la mise en oeuvre de calculateurs extrêmement puissants
- 2 - de l'introduction de méthodes numériques évoluées (méthodes variationnelles notamment) permettant des calculs extrêmement complets des éléments de structure intégrant la fissuration et allant jusqu'au calcul à l'endommagement.

Ces moyens permettent :

- de prendre en compte des effets jusqu'alors modélisés par expérience comme les effets dynamiques.

- de prévoir en temps réel l'effet de difficultés rencontrées sur les chantiers : bétons à résistance insuffisante, difficultés de mise en précontrainte par exemple.

- de tenir compte d'effets non linéaires.

Enfin, des progrès importants ont été réalisés dans l'optimisation des structures et dans le dialogue concepteur <---> machine.

Ainsi, les progrès de l'analyse numérique d'une part, des calculateurs d'autre part devraient déboucher sur un nouvel art de construire où la réglementation serait remplacée par l'agrément de logiciels et où la réalisation réelle serait confrontée en permanence au projet initial.

2 - PROJET PROPOSE

Il ne semble pas que ces moyens soient mis en oeuvre d'une façon généralisée. Ainsi sont proposées :

- une action de diffusion et de confrontation entre analystes numériques et ingénieurs de bureaux d'études au cours d'écoles d'été où seraient confrontés les possibilités actuelles de calcul et les problèmes rencontrés par les Bureaux d'Etudes.
  - l'intervention de laboratoires d'analyse numérique sur quelques problèmes ardu de l'élasticité non linéaire (par exemple : voilement des âmes) posés par les entreprises.
  - l'extension des clubs de logiciels (MODULEF essentiellement) au domaine de génie civil.
- Il ne semble pas que, pour l'instant, les bureaux d'études ressentent le besoin d'utilisation de calculateurs extrêmement performants (calculateurs vectoriels) dans le domaine du génie civil. Ainsi s'attachera-t-on à élaborer des codes de calcul pouvant être utilisés sur des micro ou des mini-ordinateurs par les entreprises moyennes ou petites.

La situation actuelle ne permet pas de proposer un programme de recherche. Mais l'élaboration du programme de ce projet national pourrait être confiée au club de logiciels "MODULE" en liaison notamment avec l'Ecole Centrale des Arts et Manufactures qui a inscrit à son plan quadriennal de recherche un grand projet de conception et de réalisation d'un "coda de calcul de mécanique spécialisé dans les problèmes d'interactions entre milieux sols-structures, fluides - structures, sols-fluides-structures, permettant des analyses à plusieurs échelles (aspects locaux et globaux avec couplage entre les deux).

PROJET NATIONAL N°11

MODERNISATION DES MATERIELS DE CHANTIER

1 - SITUATION ACTUELLE

En usine, la fabrication en grandes séries de produits tous identiques a permis l'introduction massive de la robotique dès que l'informatique a pu prendre en charge la contrôle de mouvements complexes mais répétitifs.

Sur le chantier, au contraire, chaque ouvrage est un prototype et chaque moment est unique ; l'ouvrage lui-même est toujours nouveau et, sont chaque fois différents son implantation géographique, son insertion dans la topographie des lieux, l'environnement où s'installent les bases de travail, le déroulement des tâches et les conditions climatiques qui se succèdent pendant la réalisation. Pour s'adapter à ce milieu changeant l'initiative individuelle est irremplaçable.

Cependant une assistance au travail humain est possible grâce aux technologies nouvelles et notamment à l'informatique, mais cette forme de DIRECTION ASSISTEE a un caractère différent de la robotique industrielle.

Cette mutation des matériels de chantier et notamment de sécurité est indispensable pour l'amélioration des conditions de travail sur le chantier, pour l'augmentation du rendement et la diminution des coûts et enfin pour la renaissance et la survie de l'industrie française des matériels de Travaux Publics.

Les recherches sur ce sujet sont actives aux États-Unis, au Japon et en RFA.

sources : CAMMI - Méthodes numériques dans les Sciences de l'Ingénieur  
Laboratoire d'Analyse numérique de Paris VI.



2 - PROJET PROPOSE

Les recherches peuvent prendre plusieurs directions :

- la perception de l'environnement géométrique et mécanique permettant à un ordinateur de contrôler de piloter automatiquement l'engin ; cette assistance conviendrait particulièrement aux engins qu'il faut guider sur une trajectoire déterminée, par exemple pour certains travaux routiers.
- la mise au point de programmes de conduite, assurant la coordination des différents mouvements nécessaires, sous le contrôle d'un ordinateur. La conduite de l'engin serait ainsi simplifiée et le conducteur plus libre de fixer son attention sur l'essentiel ; la formation des conducteurs serait plus rapide et le rendement de l'engin meilleur ; l'un des domaines d'application les plus importants est l'amélioration de la sécurité.
- la contrôle de fonctionnement des engins à travail répétitif tels que les centrales de fabrication de matériaux, par une instrumentation de ces engins et surtout la régulation de la production et le pronostic et diagnostic des pannes.

Pour préciser un programme de recherche dans ce sens, il est proposé d'organiser à la fin de l'année 1984 un séminaire réunissant notamment des spécialistes d'entreprises de travaux, de constructeurs de matériels, et d'entreprises spécialisées dans le développement de techniques nouvelles.

Le Centre d'Etude des Systèmes et Technologies Avancées (CESTA) pourrait fournir le cadre approprié.

## PROJET NATIONAL N°12

VOIES NOUVELLES DU MATERIAU BETONSITUATION ACTUELLE

Le béton, mélange de granulats de dimensions différentes avec un liant hydraulique et de l'eau, est un matériau composite connu depuis la plus haute antiquité.

Il a été considérablement amélioré au 18<sup>ème</sup> siècle lorsque des recherches systématiques sur le ciment, ont permis d'établir des règles de fabrication assurant sa qualité et sa régularité.

Une deuxième étape importante a été franchie avec l'introduction de barres d'acier pour reprendre les efforts de traction et réaliser le béton armé, auquel la précontrainte a, dans une dernière phase, apporté des développements nouveaux.

Depuis lors, les recherches ont porté sur l'amélioration progressive des performances de ce matériau à 4 composants qui présente de multiples avantages ; il peut être mis en oeuvre, sur le chantier, même dans des conditions précaires, et ses constituants sont relativement économiques. Il répond donc à de multiples utilisations, mais nécessite encore beaucoup de recherches pour affiner les connaissances en particulier pour maîtriser la fissuration (projet national n°5).

Mais actuellement, se développe dans le monde, un vaste champ de recherches pour ouvrir au matériau béton des voies nouvelles (par exemple en ajoutant d'autres éléments (notamment des adjuvants ou des fibres) afin de lui donner des performances particulières, très différentes de celles qu'il possède, permettant son utilisation pour des ouvrages spéciaux pour lesquels il convient mal aujourd'hui.

PROJET PROPOSE

La France doit participer à ces voies de recherche de grand avenir. La préparation d'un programme précis d'action nécessite que soit mis en place un ou plusieurs groupes de travail pour lesquels les Associations Techniques, l'AFREM (Association Française de Recherche et d'Essai sur les Matériaux) et l'AFB (Association Française du Béton) qui réunissent en leur sein les principaux spécialistes, constituent une structure d'accueil parfaitement adaptée.

Les voies de recherche peuvent se classer en 3 catégories :

- la mise au point pour des ouvrages spéciaux de bétons ayant des caractéristiques très particulières : béton à haute et très haute résistance, bétons légers ou super légers (par exemple pour l'exploitation des océans), bétons esthétiques (présentant un aspect agréable au décoffrage et ne noircissant pas avec le temps) ; bétons faciles à démolir pour permettre la réhabilitation, bétons à vieillissement contrôlé...

Etant destinés à des ouvrages spéciaux, ces bétons peuvent avoir un coût plus élevé et supporter l'adjonction d'éléments complémentaires chers.

- la mise au point d'un béton ayant une ductibilité et une ténacité améliorées pour éviter la fissuration à la traction ; c'est un programme à long terme qui doit être précédé d'importantes recherches de base, notamment au niveau des liants. Les applications en seraient immenses notamment pour les chaussées routières qui doivent avoir une souplesse compatible avec celle du sol.

- la poursuite de recherches sur le béton traditionnel pour en étudier les faiblesses : recherche fondamentale sur les mécanismes d'altération des bétons pour se doter d'outils performants d'identification des microstructures et de leur évolution, recherche sur les processus d'adjuvantation, recherche sur l'emploi de fibres susceptibles de retarder la coalescence des microfissures.

Les données qui en résulteraient apporteraient une contribution à la recherche de voies nouvelles pour le matériau béton.

L'industrie du ciment doit être associée à ces recherches et une liaison étroite doit être établie avec la très large champ des chercheurs et des industriels intéressés par l'ingénierie des matériaux.

L'ensemble de ces travaux devrait se faire à partir de spécifications du béton pour la construction des ouvrages ; l'ingénierie est bien placée pour définir ses spécifications. Mais leur succès implique l'établissement préalable de relations générales entre les propriétés des bétons et celles de leurs constituants, pour guider la démarche de recherche d'une composition de béton en vue d'obtenir les propriétés demandées.

Lista des actions d'accompagnement

- Formation
- Information scientifique et technique
- Procédures administratives
- Appel à la responsabilité des maîtres d'ouvrage en matière de recherche en Génie Civil
- Incitation à la recherche dans les entreprises Effets des incitations fiscales
- Equipements lourds et mi-lourds

ACTION D'ACCOMPAGNEMENTFORMATION

Sans revenir dans le détail sur l'histoire des institutions de formation de notre secteur, il faut bien constater que l'héritage de ce passé nous vaut un système particulièrement éclaté et complexe. C'est ainsi, schématiquement, que la formation des cadres scientifiques s'est organisée au cours du temps autour de trois pôles principaux :

- le Ministère de tutelle de la branche (ENPC, ENTPE...) souhaitant notamment former directement ses propres fonctionnaires
- la profession avec notamment l'ESTP et le CHEC pour ses besoins propres
- le Ministère de l'Éducation Nationale intervenant dans le champ professionnel par ses propres écoles (Écoles Centrales, ENI, ENSAM, ENSI, INSA, Universités) tout en étant soucieux de son auto-consommation en maîtres (ENSET, ENNA...).

Sur le millier d'ingénieurs formés chaque année dans notre domaine, 40 % le sont par le MEN, 23 % par le MUL, 23 % par l'ESTP, le complément étant fourni notamment par les Écoles des Mines.

Pour la formation des techniciens supérieurs (Bac + 2) le MEN propose deux formations : les IUT de la Direction des Enseignements supérieurs (environ 1 200 DUT chaque année) et les STS de la Direction des Lycées (environ 900 STS).

Il faut encore citer :

- à un niveau intermédiaire (Bac + 4) les MST dans 8 universités ;
- au niveau Bac + 5 un certain nombre de DESS universitaires, indépendamment des CES délivrés par le MUL.

Enfin les DEA du MEN (auxquels peuvent être associés des établissements d'autres tutelles) autorisent la poursuite d'études doctorales vers des thèmes (doctorat d'universités, doctorat de 3e cycle, doctorat d'ingénieur, doctorat d'état) en cours de réforme.

Le constat de cette diversité doit être d'autant plus souligné qu'il nous distingue des autres pays et aussi, dans une large mesure, des autres secteurs professionnels français. L'ensemble de ces facteurs (dispersion, émiettement, tutelles et statuts divers, non concordance avec les titres étrangers) fragilise de fait, en permanence, notre branche et n'autorise pas une vision d'ensemble qui permettrait notamment d'élaborer des politiques cohérentes.

Le facteur décisif d'évolution apparaît dans la nouvelle loi sur l'enseignement supérieur. En effet elle définit d'une part clairement les missions du service public de l'enseignement supérieur qui lui-même comprend l'ensemble des formations post-secondaires et d'autre part prévoit les procédures visant à la cohésion d'ensemble. C'est ainsi que la commission interministérielle de prospective et d'orientation des formations supérieures pourrait être un élément majeur du dispositif.

## ACTION D'ACCOMPAGNEMENT

### L'INFORMATION SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE

#### 1 - LA PUBLICATION EN LANGUE FRANÇAISE

Il est notoire que l'information sur les travaux scientifiques effectués dans notre pays ne se diffuse pas assez rapidement en France. Il est évident que la publication en langue étrangère, notamment en anglais, est importante pour un chercheur - ne serait-ce que pour avoir des correspondants hors de France et pour connaître ce qui se fait ailleurs. Il n'en reste pas moins alors qu'un des devoirs du chercheur est de faire bénéficier la collectivité nationale des fruits de son travail, donc de publier et de diffuser en langue française. Or les rapports de fin d'étude, type contrat DGRST ou contrat d'ATP, n'ont qu'une diffusion tout à fait limitée, et il est indispensable de prévoir dès la définition du financement de la recherche, le montant obligé de la ou des publications ainsi que leur support.

Il faut malheureusement remarquer que les chercheurs sont soumis à une pression administrative qui les pousse à publier en langue anglaise. Sans que cela soit inscrit dans les statuts des instances chargées de la gestion des carrières, il est couramment admis que seules les publications étrangères ont vocation à assurer le renom d'un chercheur, et par conséquent qu'elles sont des pièces maîtresses pour l'évaluation de son travail : l'importance donnée au nombre d'articles publiés dans les revues anglo-saxonnes pour la carrière d'un chercheur a un poids qui dissuade de publier en français.

Or il s'agit là d'une désaffection tout à fait regrettable : le fait de publier en langue française pour un chercheur lui assure l'antériorité et la propriété intellectuelle, mais aussi le protège pendant un temps de l'indiscrétion de la compétition et de la curiosité étrangère, aussi bien que le secret qui isole pendant un an une invention brevetée. La science japonaise, à l'abri de sa langue et de son écriture, n'a pas agité autrement. En réalité, il y a rarement intérêt à renseigner le monde entier sur l'émergence de nos travaux scientifiques, sauf à satisfaire une méthode administrative d'évaluation

Il est frappant de constater que la France est particulièrement absente de cette compétition, et pourtant rien n'empêcherait la naissance en France de revues dans des créneaux spécifiques bien choisis, en Français (sur les renforcements du sol, par exemple) ou en Anglais (pourquoi pas ?), mais certainement pas en Anglais majoritaire avec un peu de Français, auquel cas on croirait diffuser de la langue française alors qu'en fait, on enverrait aux abonnés étrangers anglophones du papier qu'ils ne liraient pas.

### 3 - SUR LA CREATION D'UNE REVUE FRANÇAISE DE GENIE CIVIL

Les remarques précédentes montrent toutes les difficultés d'une telle création ex nihilo, plutôt que le soutien ou le renforcement des revues existantes.

Il importe, en premier lieu, de bien se persuader de l'impérieuse nécessité de la continuité de l'effort ; une échelle des temps de dix ans est le minimum envisageable ; si on n'est pas assuré de pouvoir être constant pendant cinq ans, il est inutile de se lancer dans une aventure qui peut être coûteuse.

En second lieu, il faut faire très attention à ne pas mettre en péril l'existence (souvent précaire) des revues et journaux existants soit par des voies directes (concurrence vis-à-vis des lecteurs), ou par des voies indirectes (concurrence vis-à-vis des auteurs), ou encore totalement imprévues (concurrence au niveau de la recherche de la publicité par exemple).

Une solution pourrait être trouvée de la façon suivante. Une revue de Génie Civil de haut niveau comportant six numéros par an serait constituée, pour chaque livraison, par un fascicule courant (mais bien choisi) de la "Revue Française de Géotechnique", de "Travaux", de la "Revue Générale des Routes", des "Annales de l'ITSTP", etc... diffusé ainsi sous double timbre, celui de la revue originelle et celui de la nouvelle Revue. Il y aura évidemment des problèmes à résoudre : format, graphisme, composition, etc... mais cela ne doit pas être trop difficile en agissant en concertation étroite avec les différentes Revues pour avoir de très bons articles et moyennant de légères incitations, par exemple pour améliorer la présentation.

dont personne ne doute qu'elle puisse se traiter autrement. Une recommandation doit être faite au CNRS pour que les articles en français soient davantage pris en considération pour la carrière des chercheurs.

Une toute autre nécessité existe pour les publications techniques qui, elles, doivent connaître la plus large diffusion, avec en arrière-pensée, certes l'information scientifique et technique, mais aussi le souci commercial et celui de l'exportation. Les publications techniques doivent, elles, être faites dans l'esprit de la plus large diffusion, donc en anglais (et peut-être pas uniquement en anglais).

Là aussi les méthodes d'information des japonais sont à rappeler et notamment la qualité de leurs publications techniques en langue anglaise.

A titre indicatif, une revue francophone dans le domaine de génie civil a un potentiel de 800 à 2 000 abonnements, alors qu'une revue en langue anglaise a un potentiel de 4 000 à 10 000 abonnements.

### 2 - CULTURE GENERALE ET SPECIALISATION

Il existe en France une tradition de la Formation Encyclopédique et des Revues de culture générale. Du "Courrier du CNRS" à "Science et Technique" (ISTP) en passant par le "Journal de Mécanique Théorique et Appliquée", les "Annales de l'ITSTP", l'ex "Génie Civil", les "Annales des Ponts et Chaussées" ou "Travaux", (sans parler de la "Recherche", "Science et Vie" ou des Revues d'Écoles d'Ingénieurs), il est nécessaire de couvrir le domaine le plus vaste possible. Pourtant, tout Bureau d'étude, toute Entreprise, tout Laboratoire est clairement capable de s'abonner à une dizaine de revues, au moins. Pourtant, aussi, l'expérience des revues étrangères est claire : il naît tous les mois des revues de plus en plus spécialisées, par exemple sur telle méthode de calculs numériques appliqués à des problèmes particuliers, ou sur la Thermoélasticité, la Mécanique de la Rupture, sans oublier l'Off-Road Traffic Engineering (Revue de la circulation en tout terrain) !. On peut même se demander si le domaine visé par la "Revue Française de Géotechnique" (Mécanique des Sols + Mécanique des Roches + Géologie de l'Ingénieur) n'est pas trop vaste quand on voit apparaître des revues internationales traitant uniquement des glissements de terrains. Mais il s'agit pour la RFG d'une revue uniquement francophone.

On aurait ainsi, à relativement peu de frais, une revue française qui ferait de la promotion pour les revues originelles, tout en apportant à ceux qui la recevraient, des informations très diversifiées permettant d'avoir un large panorama de ce qui se fait en France.

#### 4 - CONGRES ET COLLOQUES

##### a - Organisation de Congrès ou de Colloques en France

C'est une banalité que de reconnaître que le très grand développement contemporain de la Science et de la Technique s'accompagne d'une circulation intense de l'information. Les Congrès, Colloques, Séminaires, Symposiums, Ecole d'Été ou d'Hiver, et autres réunions en sont des expressions.

Mais on sait moins que l'organisation d'un congrès à caractère international est tout à fait bénéfique au pays hôte. Les dépenses d'un congressiste (moyen de transport, hôtel, achats divers, tourisme technique) sont des recettes invisibles dont les organisateurs n'ont pas la maîtrise et rarement l'entière connaissance. Ces dépenses sont évidemment beaucoup plus importantes que le montant des frais d'inscription au Congrès.

Il est donc tout à fait souhaitable que, lorsque des scientifiques ou des techniciens envisagent de constituer un pôle d'attraction temporaire scientifique ou technique, ils soient encouragés et soutenus, soit directement par le Ministère chargé de la Recherche, soit indirectement à travers les organismes reliés à l'Etat.

##### b - Participation à des Congrès ou Colloques

Réciproquement, c'est une nécessité indiscutée que de nombreux scientifiques puissent participer à ce large brassage d'idées qui caractérise notre époque. Bien entendu, le travail que représente le fait d'assister à de telles réunions est considérable, même si l'idée, que la participation aux congrès est une forme clandestine de tourisme, est une opinion qui continue à être très répandue. Il faut faciliter cette participation, notamment par des incitations. En particulier, il est toujours souhaitable que l'auteur d'une communication acceptée

puisse se rendre à une réunion scientifique ou technique, car il est probablement l'un des mieux placés pour tirer le meilleur profit des communications des autres. Enfin, il est essentiel de favoriser les plus jeunes, ceux qui ont le moins de relations et donc, qui ont le plus besoin de s'en créer.

##### c - Organisation d'un Colloque National sur le Génie Civil

La concentration des Colloques scientifiques et techniques, et l'organisation, annuelle ou biennale, d'un Colloque national sur le Génie Civil (plus ou moins semblable aux réunions du Transportation Research Board américain), est un objectif présentant un double intérêt :

- d'une part, amplifier l'intercommunication, et la rendre plus efficace avec publication des actes du Colloque, ce qui est une tâche à la fois indispensable et lourde ;
- d'autre part, servir le prestige de la recherche et de la technique françaises, tant par la diffusion des actes que par la participation, à titre d'invités, de personnalités étrangères. (La participation d'invités européens pourrait ouvrir la voie à une organisation au niveau de la CEE).

L'organisation correspondante suppose trois conditions :

- un effort matériel, se traduisant par des dépenses financières et l'affectation permanente d'un Secrétariat très peu nombreux, mais très compétent. Des exemples classiques permettent de chiffrer l'effort financier à 1,5 MF.
- l'accord des organisations déjà actives dans ce domaine (ex. AIFCR, AFPC, CFGB, etc...), ou au moins de la plupart d'entre elles ;
- une volonté politique, de la part des Ministères concernés et sans doute aussi des grandes Sociétés nationales.

5 - DIFFUSION DES TRAVAUX UNIVERSITAIRES ET TRANSFERT DES CONNAISSANCES  
ENTRE DISCIPLINES ET NOTAMMENT VERS LE GENIE CIVIL

Il s'agit là du point le plus difficile de la circulation de l'information. L'Université n'est pas une entité en soi qui puisse être représentée par quelqu'un et la recherche universitaire est pratiquement inaccessible au grand public, notamment aux Entreprises. Le mouvement de circulation ne peut se faire que de l'Université vers le monde Génie Civil. Il faut donc trouver, à partir de l'Université, des modes d'incitation qui engendrent chez les chercheurs universitaires les motivations qui les poussent à faire connaître, apprécier et utiliser les résultats de leurs travaux.

Le transfert des acquis des autres sciences ou techniques vers les Génie Civil par contre, ne peut se faire que par des recherches systématiques à partir du Génie Civil par des spécialistes curieux de cette discipline ; le profil de tels explorateurs est le plus souvent indéfinissable et généralement agaçant pour les vrais experts, en particulier du fait de certains côtés "mouche-du coche" de leur attitude. Leur rôle n'en est pas moins parfois très utile.

ACTIONS D'ACCOMPAGNEMENT

REGLEMENTATION ET PROCEDURES ADMINISTRATIVES

I - SITUATION ACTUELLE DE LA REGLEMENTATION

I.1. Principes généraux et dispositions réglementaires

Le Code des Marchés Publics (C.M.P.) et le Cahier des Clauses Administratives Générales (C.C.A.G.) précisent que les pièces contractuelles constitutives d'un marché comprennent :

- des documents généraux

. C.C.A.G. fixant les dispositions administratives

. C.C.T.G. (Cahier des Clauses Techniques Générales) fixant les dispositions techniques.

Il est à souligner que ces documents font référence à d'autres textes normatifs et en particulier aux normes françaises.

- des documents particuliers fixant respectivement les dispositions administratives propres à chaque marché et les dispositions techniques nécessaires à l'exécution du marché.

Les deux principes de base ressortent de ces textes et qui consistent à séparer les documents contractuels, d'une part entre documents généraux et documents particuliers, d'autre part entre documents techniques et documents administratifs sont à la fois simples et clairs.

I.2. Situation réelle

L'analyse des textes et documents réellement impliqués dans les marchés montre que le schéma réglementaire et les principes évoqués en

I.1. ne sont pas respectés :

et il n'intègre pas les évolutions récentes telles que celles relatives à l'organisation du contrôle de la qualité.

b) Faciliter l'adaptation des textes à l'évolution technique

Diverses mesures peuvent concourir à cet objectif :

- modularité des textes : chaque fascicule du C.C.T.G. actuel intéresse un domaine beaucoup trop vaste ;
- élaboration proprement dite de documents par des groupes de travail restreints basés sur la compétence, une concertation plus large au niveau des organismes étant faite dans la phase d'approbation ;
- organisation du suivi par un comité permanent chargé du recueil des informations en France et au sein d'un international sur l'évolution technique et de la mise à jour correspondante des textes.

Un des moyens pour satisfaire à ces orientations et probablement le meilleur est le recours de plus en plus accentué à la normalisation. En dehors du fait que le recours à la normalisation permet de répondre en bonne partie aux critiques formulées, l'encontre de la réglementation actuelle, c'est pratiquement la seule voie pouvant permettre, pour des raisons politiques et psychologiques, de préserver l'unité de la réglementation, de la faire appliquer par les collectivités locales, le secteur para-public et le secteur privé et de faciliter son adoption pour les travaux à l'exportation.

III - RÈGLEMENTATION ET INNOVATION

La réglementation technique codifiée, quelle qu'en soit la forme, ne peut, par nature, être adaptée à l'innovation technique. Elle introduit, dans un but d'efficacité, une certaine standardisation qui ne peut concerner que des techniques bien établies garantissant la qualité des ouvrages.

La possibilité d'innover qui nécessite soit de déroger à la réglementation, soit de traduire cette dernière en termes de moyens ou

- l'utilisation de documents de substitution ou de complément aux C.C.T.G. et au C.C.A.G. est fréquente sous forme de circulaires ministérielles, instructions techniques, directives des services techniques centraux...

- La séparation entre administratif et technique est loin d'être obtenue dans les documents du dispositif réglementaire malgré l'amélioration certaine constatée dans les documents récents. Par ailleurs, il peut être noté des défauts d'harmonisation entre les différents C.C.T.G..

Cette situation n'est pas satisfaisante et nuit à la clarté de la "réglementation" qui apparaît en général anormalement complexe et rigide.

A cet inconvénient, il faut ajouter celui de la durée trop longue d'élaboration et d'approbation des C.C.T.G. qui conduit à un déphasage entre la réglementation technique et les connaissances.

I.3. Passation des marchés

La procédure de passation des marchés généralement utilisée est celle de l'appel d'offres. Cette procédure est en général bien adaptée, le degré de "liberté" laissé à l'entreprise, sur le plan technique étant lié à la nature et à l'importance des variantes autorisées. Ce degré de "liberté" est maximum dans le cas particulier du concours qui est la procédure la plus favorable à l'introduction des innovations.

II - ORIENTATIONS PROPOSÉES

Pour remédier aux inconvénients constatés et améliorer la souplesse et la cohérence de la réglementation dans le domaine du Génie Civil, deux orientations sont proposées :

- a) "Purifier" les textes pour aboutir à une situation nette entre les dispositions techniques et les dispositions administratives. Cet objectif implique non seulement une refonte du C.C.T.G. mais également du C.C.A.G.. Ce dernier est insuffisant car il ne définit pas toutes les notions administratives nécessaires au Génie Civil



de procédés, est liée à la mise en place de procédures adaptées, et assorties de garanties suffisantes vis-à-vis de la responsabilité des différents intervenants.

L'innovation peut donc être facilitée par :

- l'élaboration d'une réglementation en termes de résultats. La recherche peut contribuer à la rendre possible ;
- la mise en place d'une procédure correspondante d'agrément, d'homologation, d'admission à la marque ou d'avis technique. Elle existe en bonne partie pour les matériaux et certains procédés et pourrait être étendue à des procédés plus complexes ;
- la mise en place d'une procédure d'"exception contrôlée" fixée par la puissance publique. Certaines initiatives ont déjà été prises dans ce domaine (par la Direction des Routes par ex.) et pourraient être développées ;
- la mise en place d'aides financières soit dans le cadre de l'ANVAR, soit par d'autres méthodes.

Enfin, il faut noter que le développement d'une innovation pourrait être facilité par la réglementation elle-même dans la mesure où cette dernière en prendrait en compte les éléments. Pour cela, il est nécessaire que la réglementation puisse facilement et rapidement s'adapter à l'évolution technique.

#### IV - REGLEMENTATION ET RECHERCHE

Depuis plusieurs décennies, la réglementation, dont la base était autrefois empirique, tend au contraire à s'appuyer sur un fondement scientifique ; cette évolution a été concrétisée par l'apparition des règlements dits semi-probabilistes, qui marquent un progrès certain par rapport aux règlements anciens, aux contraintes admissibles.

Cependant, un travail très important reste à accomplir pour obtenir une réglementation cohérente.

Ce travail comporte non seulement le développement de certaines actions de recherches (Connaissance des actions, durabilité des ouvrages...) mais également l'utilisation des résultats des recherches, tels qu'ils sont publiés.

Les commissions chargées d'élaborer les règlements éprouvent souvent des difficultés à ce sujet ; en effet, les publications sont très nombreuses et d'inégale valeur, et l'exploitation des résultats exige un travail important, car il s'agit de passer du point de vue du chercheur à celui de l'utilisateur, ce qui revient à transformer la présentation des textes.

Ce travail doit s'accompagner d'une analyse bibliographique des recherches effectuées à l'étranger sur le même sujet, recherches dont les résultats sont encore plus difficilement exploitables.

Pour maintenir à nos règlements un degré d'actualité satisfaisant, il importe donc que l'administration affecte à ces tâches d'analyse bibliographique une équipe de plusieurs ingénieurs et chercheurs à temps complet.

## ACTION D'ACCOMPAGNEMENT

APPEL A LA RESPONSABILITE DES MAITRES D'OUVRAGE  
EN MATIERE DE RECHERCHE EN GENIE CIVIL

Les Maîtres d'Ouvrage sont parmi les plus importants bénéficiaires des progrès apportés par la recherche à l'Art de Construire ; en effet, qu'il s'agisse de conception, de réalisation ou de gestion des structures, la diminution des coûts de construction et d'entretien constitue l'une des motivations principales des progrès.

L'entreprise ne peut bénéficier des innovations qu'à leur naissance, avant qu'elles ne soient connues et adoptées par ses concurrents ; par contre le maître d'ouvrage directement concerné par un appel d'offres et la diffusion des connaissances sert à tous ceux qui sont intéressés par les mêmes types de travaux.

La place des maîtres d'ouvrage dans le déroulement du processus aussi bien à l'amont lorsqu'ils commandent un ouvrage, qu'à l'aval au moment de son exploitation, leur donne une position privilégiée pour présenter et définir les besoins.

Ils interviennent également dans le domaine de la sécurité des personnels de chantier, car ce sont eux qui fixent les conditions de déroulement du chantier (notamment l'espace disponible et la vitesse) que les entreprises devront respecter, conduisant trop souvent celles-ci, sous la pression de la concurrence, à prendre des risques excessifs.

Le degré d'intérêt des différents maîtres d'ouvrages pour la recherche est variable selon les sujets et leur contribution peut prendre plusieurs formes : concours innovants, mise à disposition d'ouvrages pour des expérimentations en vraie grandeur, recherches dans leurs propres laboratoires, participation financière à des recherches groupées.

La plupart des Maîtres d'Ouvrage sont conscients de ces responsabilités et conduisent d'importants programmes de recherche mais une mobilisation générale est nécessaire pour obtenir un accroissement de leur participation à l'effort de recherche.

## ACTION D'ACCOMPAGNEMENT

INCITATION A LA RECHERCHE DANS LES ENTREPRISES  
EFFET DES INCITATIONS FISCALES

1. - MESURES ACTUELLES1.1. Le crédit d'impôt

Egal à 25 % des dépenses de recherche, son montant est substantiel pour les entreprises, bien qu'il soit plafonné à 3 millions de francs, diminué du montant des subventions reçues par l'entreprise et qu'il soit remis partiellement en cause lorsque les dépenses de recherche diminuent d'un exercice à l'autre.

1.2. Les autres mesures

- mesures incitatives pour les entreprises en bénéfice :
  - amortissement des immeubles affectés à la recherche et au développement
  - amortissement exceptionnel des titres des sociétés agréées et des sociétés financières d'innovation
  - déductibilité générale des charges afférentes à la recherche et au développement
  - déductibilité des versements faits à des organismes ou sociétés de recherche agréées
  - application du régime des plus-values à long terme (taxation de 15 % des produits de la propriété industrielle)
- mesures instituant un régime particulier des droits d'enregistrement par la recherche.

2 - MESURES PREVUES PAR LE PROJET DE LOI SUR LE DEVELOPPEMENT DE  
L'INITIATIVE ECONOMIQUE (Article 4)

2.1. Clarification du régime fiscal des dépenses de recherche

Pour faciliter les difficultés qui se présentent lors des vérifications, cet article 4 propose :

- d'aligner le droit fiscal sur le droit comptable, qui permet aux entreprises d'opter entre :

. La déductibilité immédiate des frais de recherche ;

. ou l'inscription à l'actif du bilan de ces frais si les conditions posées par le Nouveau Plan Comptable sont respectées ;

- de ne pas inclure dans l'évaluation à l'actif des stocks résultant des opérations de recherche les frais de recherche lorsqu'ils sont déduits en charge ;

- d'amortir systématiquement sur cinq ans les frais de recherche pour lesquels les entreprises ont choisi l'option de l'amortissement.

Cette mesure permet de passer à l'actif les résultats de la recherche en ne tenant compte que du coût de fabrication et elle tranche des contentieux fiscaux dans un sens favorable aux entreprises.

2.2. Amortissement des logiciels

L'article 4 propose d'amortir sur 12 mois au lieu de 5 ans, c'est-à-dire en fait sur 2 exercices, tous les logiciels achetés par l'entreprise.

Il semble toutefois faire une différence entre les logiciels achetés et les logiciels produits par l'entreprise, qui, eux devraient être amortis sur 5 ans ; il ne semble par contre, pas faire de différence entre la prestation d'un service informatique en général et la fourniture d'un logiciel ni entre logiciels, logiciels, "puces" et logiciels d'application.

3 - CONCLUSION

Ces mesures ne semblent pas avoir suscité un intérêt suffisant de la part des entreprises - peut-être parce qu'elles éprouvent une impression de complexité et un manque de relation directe entre le gain de productivité et leur effort de recherche.

Un témoignage en est donné par le très faible nombre de réponses obtenues par la Fédération Nationale des Travaux Publics à une enquête menée auprès de ses adhérents sur ce sujet ; alors que le nombre habituel de réponses aux enquêtes du service fiscal est compris entre 250 et 400 réponses, (le nombre le plus bas obtenu ayant été de 73 réponses) cette enquête n'a obtenu que 8 réponses écrites, et une par téléphone.

L'intérêt de la recherche, pour le développement technologique, justifie cependant que les entreprises y participent très activement.

Une réflexion approfondie, en liaison très étroite avec elles, est nécessaire pour analyser l'effet réel des dispositions fiscales que l'Etat a adoptées pour les inciter à investir dans la recherche et pour définir le meilleur arsenal de mesures propres à valoriser au maximum ces efforts.

## ACTION D'ACCOMPAGNEMENT

EQUIPEMENTS "LOURDS ET MI-LOURDS"

Les actions proposées dans ce Schéma d'Orientation Scientifique et Technique de la recherche en Génie Civil exigent des moyens puissants de calcul mais aussi des équipements d'expérimentation "lourds et mi-lourds".

Chacun de ces équipements nécessite une étude en soi pour définir ses caractéristiques, son implantation, ses modalités de financement et de gestion et son degré de priorité.

Une commission a été créée pour instruire les propositions des organismes des secteurs Génie Civil et Urbanisme et Technologies de l'Habitat ; ses conclusions font l'objet d'un chapitre précédant du Schéma d'Orientation Scientifique et Technique général (S.O.S.T.).

Le C.O.R.G.E.C. a pris acte de ces conclusions.

Constatant l'absence d'équipements d'essais des ouvrages en mer, appelés à susciter d'importantes recherches pour leur développement en eaux profondes, le C.O.R.G.E.C. propose que soit menée à son terme la réflexion sur la conception, la réalisation et la gestion d'un nouvel ensemble de moyens d'essais en génie portuaire, maritime et océanique.

Selon Monsieur DELACOUR, "en effet il existe en France des bassins longs en forme de canaux pour l'hydrodynamique navale, des bassins très étendus mais peu profonds pour les équipements portuaires, mais il n'existe pas de bassin à la fois étendu et profond pour l'étude du comportement des ouvrages permanents en mer".

"Une étude sur la réalisation d'un bassin à houle "miti-fonctions" a été confiée par les pouvoirs publics à un groupe de travail placé sous la responsabilité de Monsieur Michel QUATRE. La note d'orientation qui en est résultée en Mai 1982 propose des spécifications pour un bassin de génie océanique".

"A l'initiative du Ministère de la Mer, l'I.R.C.N. a organisé les 20 et 21 Juin 1983 une réunion d'experts français et américains afin de mener une réflexion approfondie sur la création éventuelle d'un nouvel ensemble de moyens d'essais en génie maritime et océanique. Les spécifications que cette commission d'experts a recommandées pour le bassin de génie océanique sont peu différentes de celles proposées par le groupe de Monsieur Michel QUATRE".

Enfin la Mission Scientifique et Technique du M.I.R. a été saisie en 1984 d'une proposition conjointe d'une société privée et l'UMMG pour la réalisation d'un "Centre de Formation de Recherche et d'Essais Hydrauliques à Grenoble" (C.E.F.R.H.Y.G.).

Le C.O.R.G.E.C. propose en conséquence un examen conclusif de ces rapports et propositions par la commission habilitée, et suggère que ses membres compétents lui apportent leur concours.

Par ailleurs, le C.O.R.G.E.C. recommande l'élaboration d'un programme de recherches concertées pour l'exploitation et la valorisation des équipements lourds existants.

LISTE DES SIGLES UTILISES DANS LE S.O.S.T.

A D G R T	Association pour le Développement des Recherches sur les Glissements de Terrain
A F B	Association Française du Béton
A F G P S	Association Française de Génie Parasismique
A F R E M	Association Française de Recherches et d'Essais sur les Matériaux et les Constructions
A F T E S	Association Française des Travaux en Souterrain
A N V A R	Agence Nationale de Valorisation de la Recherche
A B A E	Association de Recherche Action des Eléments
A R B E M	Association de Recherche sur le Béton en Mer
A R G E M A	Association de Recherche en Géotechnique Marine
A R S E M	Association de Recherche sur le Comportement des Structures Métalliques en Mer
A T P	Action Thématique Programmée
A U G C	Association des Universitaires du Génie Civil
B C R D	Budget Civil de Recherche et du Développement
B R G M	Bureau de Recherches Géologiques et Minières
B T P	Bâtiment - Travaux Publics
C C A G	Cahier des Clause Administratives Générales

C C T G	Cahier des Clause Techniques Générales
C E A	Commissariat à l'Energie Atomique
C E B T P	Centre Expérimental et de Recherches du Bâtiment et des Travaux Publics
C E C A	Communauté Européenne du Charbon et de l'Acier
C E F R Y G	Centre de Formation, de Recherche et d'Essais Hydrauliques de Grenoble
C E N G	Centre d'Etudes Nucléaires de Grenoble
C E R I B	Centre de Recherche dans l'Industrie du Béton Manufacturé
C E R I L H	Centre d'Etudes et de Recherches des Liants Hydrauliques
C G I	Code Général des Impôts
C G P C	Conseil Général des Ponts et Chaussées
C H E C	Centre des Hautes Etudes de la Construction
C L A R O M	Conseil de Liaison des Associations de Recherche sur les Ouvrages en Mer
C M P	Code des Marchés Publics
C N E X O	Centre National pour l'Exploitation des Océans
C N R S	Centre National de la Recherche Scientifique
C O B	Centre Océanique de Bretagne
C O R G E C	Conseil d'Orientation de la Recherche en Génie Civil
C S T B	Centre Scientifique et Technique du Bâtiment

C T I C M Centre Technique de l'Industrie de la Construction  
Métallique

C T I Centre Technique Industriel

C U S T Centre Universitaire Scientifique et Technique

D A E I Direction des Affaires Economiques et Internationales

D E A Diplôme d'Etudes Approfondies

D G I Direction Générale de l'Industrie

E C P Ecole Centrale des Arts et Manufactures de Paris

E N I Ecole Nationale d'Ingénieurs

E N N A Ecole Normale Nationale d'Apprentissage

E N P C Ecole Nationale des Ponts et Chaussées

E N S A M Ecole Nationale Supérieure des Arts et Métiers

E N S E T Ecole Normale Supérieure de l'Enseignement Technique

E N S I Ecole Nationale Supérieure d'Ingénieurs

E N S M Ecole Nationale Supérieure de Mines

E N T P E Ecole Nationale des Travaux Publics de l'Etat

E P A Etablissement Public à caractère Administratif

E P I C Etablissement Public à caractère Industriel et Commercial

E P S C Etablissement Public à caractère Scientifique et Commercial

E P S T Etablissement Public à caractère Scientifique et  
Technique

E S T P Ecole Supérieure des Travaux Publics

F N T P Fédération Nationale des Travaux Publics

F R T Fonds de la Recherche et de la Technologie

G I P Groupement d'Intérêt Public

G I S Groupement d'Intérêt Scientifique

G R E C O Groupement de Recherche en Coopération

I F P Institut Français du Pétrole

I M G Institut de Mécanique de Grenoble

I N S A Institut National des Sciences Appliquées

I N R I A Institut National de Recherche en Informatique et en  
Automatique

I P G Institut de Physique du Globe

I R C N Institut de Recherches en Construction Navale

I R I G M Institut de Mécanique de Grenoble

I S Institut de Soudure

I T B T P Institut Technique du Bâtiment et des Travaux Publics

L C P C Laboratoire Central des Ponts et Chaussées

**L R P C** Laboratoire Régional des Ponts et Chaussées  
**M E N** Ministère de l'Éducation Nationale  
**M I D** Ministère de l'Intérieur et de la Décentralisation  
**M I R** Ministère de l'Industrie et de la Recherche  
**M S T** Maîtrise des Sciences et Techniques  
**M S T** Mission Scientifique et Technique  
**M U L** Ministère de l'Urbanisme et du Logement  
**P E D** Pays en Voie de Développement  
**P I R M A T** Programme Interdisciplinaire de Recherche sur les Matériaux  
**R C P** Recherche en Coopération sur Programme  
**S C T P M V N** Service Central Technique des Ports Maritimes et des Voies Navigables  
**S P I** Sciences Physiques pour l'Ingénieur  
**S T S** Section des Techniciens Supérieurs  
**S Y N T E C** Chambre Syndicale des Sociétés d'Études et de Conseils  
**U M M G** Université Mécanique et Médicale de Grenoble  
**U P M C** Université Pierre et Marie CURIE  
**U T C** Université de Technologie de Compiègne

