NOTE 2019

PAPI de la Canche

Programme d'Action de Prévention des Inondations

Partie 2. Programme d'Actions et de Prévention des Inondations Phase 2. Elaboration du programme d'actions

NOTE 1. Etude socio-économique du scénario 2B pour chaque système d'endiguement projeté

Avec le concours financier :

setec hydratec

Immeuble Central Seine
42-52 quai de la Rapée
75582 Paris Cedex 12

Email : hydra@hydra.setec.fr

T : 01 82 51 64 02
F : 01 82 51 41 39

Directeur d'affaire : BST

Responsable d'affaire : LPU

N°affaire : 37093

Fichier : 37093_NT01_Scn2B-Socioeco-SE_v3.docx

Version	Date	Etabli par	Vérifié par	Nb pages	Observations / Visa
1	19/11/2018	TAM/ LPU	BST	26	-
2	22/11/2018	LPU	BST	30	Ajout des analyses par rapports B/C décroissants
3	11/02/2019	TAM/ LPU	BST	39	Etude complémentaire d'une variante : systèmes d'endiguement D1, D2, D3 (chap.6)

Table des matières

1 CADRE ET OBJECTIFS DE L'ETUDE 7
1.1 Contexte de l'étude 7
1.2 Objectifs de l'étude 7
1.3 Déroulé de l'étude 8
1.4 Objet de la présente note 8
2 IDENTIFICATION DES SYSTEMES D'ENDIGUEMENT 9
3 EVALUATION DES COUTS DE TRAVAUX 11
4 EVALUATION DES DOMMAGES 12
5 RESULTATS DES ACB ET ENSEIGNEMENTS 13
6 ETUDE COMPLEMENTAIRE D'UNE VARIANTE AU SYSTEME D'ENDIGUEMENT D 21
6.1 Evaluation des coûts de travaux 22
6.2 Evaluation des dommages 22
6.3 Résultats des ACB et enseignements 23
6.3.1 Résultats individuels de chaque système d'endiguement 23
6.3.2 Résultats d'une ACB cumulée D1+D2 24
6.3.3 Résultats pour une protection centennale (fluviale + maritime) 25
6.4 Synthèse générale 27

ANNEXES

Annexe 1 - Localisation des systèmes d'endiguements du scénario 2B (et du scénario 2A)

Annexe 2 - Localisation des systèmes d'endiguements D1, D2, D3

Table des illustrations

Figure 2-1 : Implantation des digues du scénario 2B et zones protégées délimitées 10
Figure 5-1 : Ratio B/C pour chaque système d'endiguement du scénario 2B (protection trentennale) 13
Figure 5-2 : Ratio B/C pour chaque système d'endiguement du scénario 2A (protection marine centennale, et continentale trentennale) 14
Figure 5-3 : Résultats des ACB des systèmes d'endiguement du scénario 2B 16
Figure 5-4 : Coûts, Bénéfices et nombres d'habitations protégées pour chaque système d'endiguement 17
Figure 5-5 : Coûts, Bénéfices et nombres d'habitations protégées cumulées d'un système d'endiguement à l'autre 19
Figure 5-6 : Synthèse : Les solutions adaptées à chaque secteur de la Basse Vallée 20
Figure 6-1 : Localisation des zones protégées D1, D2, D3 21
Figure 6-2 : Coûts et dommages évités, actualisés et cumulés, pour l'événement Q30 débordement / T100 marin 25
Figure 6-3 : Coûts et dommages évités, actualisés et cumulés, pour l'événement Q100 débordement / T100 marin 26
Figure 6-4 : Synthèse : Les solutions intégrables au PAPI pour chaque secteur de la Basse Vallée 28

Tableau 3-1 : Montants de travaux des différents systèmes d'endiguement du scénario 2B 11
Tableau 4-1 : Dommages moyens annuels actuels et évités pour le scénario de référence 12
Tableau 5-1 : ACB pour chaque système d'endiguement du scénario 2B (protection trentennale) 15
Tableau 5-2 : ACB pour chaque système d'endiguement du scénario 2A (protection marine centennale, et continentale trentennale) 15
Tableau 6-1 : Montants d'investissement et d'entretien des systèmes d'endiguements D1, D2, D3 22
Tableau 6-2 : ACB pour les systèmes d'endiguement D1, D2, D3 pour l'événement Q30 débordement / T100 marin 23
Tableau 6-3 : Résultats des tests de sensibilité des systèmes d'endiguement D1, D2, D3 pour l'événement Q30 débordement / T100 marin 24
Tableau 6-4 : ACB pour le système d'endiguement D1+D2 pour l'événement Q30 débordement / T100 marin 24
Tableau 6-5 : ACB pour le système d'endiguement D1+D2 pour l'événement Q100 débordement / T100 marin 26

1 Cadre et objectifs de l'étude

1.1 Contexte de l'étude

Le bassin versant de la Canche, d'une superficie de 1 275 km2, situé dans le Pas de Calais, regroupe 203 communes pour 104 500 habitants et 12 communautés de communes.

Des inondations ont touché tout ou une partie du territoire en : 1988, 1993, 1994, 1999, 2002, et plus récemment 2012 et 2013.

Suite à la crue de décembre 1994, la DDTM62 a réalisé le PPRI de 21 communes situées en aval de la Canche exposées au risque d'inondation par débordement de la Canche. Ce « PPRI de la Canche aval » a été approuvé par le Préfet en 2003.

En parallèle, les Etablissements Publics de Coopération Intercommunale (EPCI) du bassin versant de la Canche ont réalisé des aménagements pour la protection des populations contre les crues (dans la vallée / dans les bassins versants, des ouvrages légers / des ouvrages structurants…). Cependant, la récurrence des épisodes d'inondation a fait émerger la nécessité d'une démarche coordonnée et cohérente à l'échelle du bassin versant entier, qui se concrétisa dans le « PAPI d'Intention » de la Canche, porté par le Symcéa, labellisé en 2014. Le PAPI d'intention est une première étape, qui vise à établir un premier diagnostic du territoire et permet de mobiliser les maîtres d'ouvrage en vue de la réalisation du « PAPI Complet ».

Le Programme d'Actions de Prévention des Inondations (PAPI) est un outil contractuel entre les collectivités locales et l'Etat, qui décline un ensemble d'actions visant à réduire l'aléa ou la vulnérabilité des personnes et des biens de manière progressive, cohérente et durable. Ces actions doivent être déclinées en 7 axes, de façon équilibrée :

- Axe 1 - L'amélioration de la connaissance et de la conscience du risque,
- Axe 2 - La surveillance, la prévision des crues et des inondations,
- Axe 3 - L'alerte et la gestion de crise,
- Axe 4 - La prise en compte du risque inondation dans l'urbanisme,
- Axe 5 - Les actions de réduction de la vulnérabilité des personnes et des biens,
- Axe 6 - Le ralentissement des écoulements,
- Axe 7 - La gestion des ouvrages de protection hydraulique.

Le PAPI est élaboré par les collectivités locales dans le cadre de l'appel à projet lancé en 2002 par le ministère de l'écologie et du développement durable, prolongé en 2011 par un nouvel appel à projets PAPI. Pour bénéficier de l'appui de l'État, notamment via le fond de prévention des risques naturels majeurs (FPRNM), le projet doit être labellisé par un comité partenarial au niveau national ou local, regroupant entre autres des représentants de l'État et des collectivités locales.

Parallèlement, et suite aux épisodes d'inondation de 2012, les services de l'Etat ont réalisé une analyse de la procédure du PPR approuvé et ont programmé l'acquisition de données topographiques fines (de type LIDAR) sur l'ensemble du bassin versant de la Canche. A l'issue de ces démarches, une procédure de révision du PPRI a été engagée.

1.2 Objectifs de l'étude

Aujourd'hui, le Symcéa et la DDTM62 associent leurs démarches.

L'étude a pour objet la réalisation conjointe DDTM62/Symcéa du PAPI complet de la Canche et d'un nouveau PPRI de la Canche sur la base d'un diagnostic approfondi et partagé.

L'étude porte sur l'ensemble des problématiques inondation pouvant affecter le territoire : les ruissellements sur les versants, les débordements de cours d'eau (Canche et affluents), les remontées de nappe, et l'influence maritime, et ce, sur l'ensemble du bassin versant de la Canche.

Les temps forts de réalisation du PAPI concernent :

- L'établissement et le partage du diagnostic,

- La rédaction et la présentation des actions envisagées dans le cadre du cahier des charges PAPI selon 7 axes,
- La labellisation.

La révision attendue du PPR comprend :

- La définition des aléas et des enjeux pour les communes concernées par la procédure administrative,
- L'élaboration des documents réglementaires du PPRI (note de présentation, cartes du zonage réglementaire, règlement, bilan de la concertation).

Les objectifs finaux de labellisation du PAPI et de mise en place des PPRI passent par la mise en place d'une concertation active pour que les deux projets soient partagés et acceptés.

1.3 Déroulé de l'étude

L'étude se déroule en 3 parties :

- Partie 1 : Le diagnostic territorial, socle commun aux parties 2 et 3,
- Partie 2 : PAPI,
- Partie 3 : PPRI.

La deuxième partie relative à l'élaboration du PAPI complet se décompose en 3 phases :

- Phase 1 : Elaboration de la stratégie,
- Phase 2 : Elaboration du programme d'actions,
- Phase 3 : Réalisation du dossier en vue de la labellisation.

La seconde phase du PAPI comprend des livrables associés aux mesures structurelles (livrables LPAPI 3 à LPAPI 7), et des livrables associés aux mesures non structurelles (LPAPI 8 à LPAPI 10). Le programme d'action complet est ensuite présenté dans le livrable LPAPI 11.

1.4 Objet de la présente note

Les divers scénarios d'aménagement de la basse vallée de la Canche étudiés dans le cadre de la mission PAPI Canche conduisent à revoir la stratégie de protection de la basse vallée contre les inondations initialement envisagée. Cette évolution a posteriori de la stratégie fait l'objet d'une note complémentaire aux livrables compris dans la mission de base d'hydratec.

Le présent document concerne l'analyse socio-économique du scénario supplémentaire intitulé "2B" correspondant à la nouvelle stratégie envisagée : conserver les digues de 1er rang existantes en l'état et protéger la totalité des enjeux urbains par de nouvelles digues rapprochées pour un niveau de protection trentennal.

L'objectif de la mission est d'identifier les systèmes d'endiguement pouvant potentiellement bénéficier d'un financement PAPI. Elle consiste, pour chacun des systèmes d'endiguement identifiés, à :

- évaluer les coûts d'investissement et d'entretien du projet,
- évaluer les coûts de dommages évités en situation aménagée,
- faire une analyse coûts / bénéfices.

La présente note expose les calculs et les résultats obtenus.

2 Identification des systèmes d'endiguement

Dans le scénario 2B, le tracé des digues est défini de façon à satisfaire les principes suivants :

- Etre rapprochées des enjeux,
- Minimiser les linéaires de digues,
- Protéger l'intégralité des enjeux présents dans la basse vallée,
- Etre similaire à l'existant lorsque les digues sont déjà rapprochées des enjeux (à Montreuil et Neuville-sous-Montreuil notamment).

Le dernier point appelle une précision : même si l'objectif de protection est revu à la baisse par rapport aux scénarios étudiés précédemment (T100 -> T30 dans la partie sous influence maritime), les endiguements tracés visent à isoler les enjeux du champ d'inondation centennal.

En effet, le scénario 2B prévoit la conservation en l'état des digues existantes le long de la Canche (appelées digues de 1er rang dans la suite) afin de protéger les parcelles agricoles des débordements de la Canche et des submersions marines. Leur conservation in situ n'est réglementairement possible que si leur présence n'aggrave pas le risque au droit des enjeux urbains existants. L'intégralité des enjeux de la basse vallée étant potentiellement exposé aux conséquences d'une défaillance des digues de premier rang, le scénario 2B prévoit de tous les isoler.

Le tracé du scénario 2B, étudié dans la suite du document, est présenté sur la figure suivante, avec des zooms insérés en annexe 1.

Nota : On ne cherche pas ici l'exhaustivité de la connaissance des enjeux à protéger par les digues rapprochées, partant du principe qu'il s'agit là d'obtenir un ordre de grandeur des coûts et impacts du projet. Les enjeux pris en compte pour le tracé des endiguements sont ceux du volet 3 du diagnostic PAPI/PPRI (cf. LCOM18), qui repose sur les bases de données existantes (INSEE, BD TOPO, BD SIRENE, BD IRIS…etc.).

Les digues ainsi tracées définissent 13 systèmes d'endiguements et identifient 13 zones protégées, apparaissant également sur la figure ci-après.

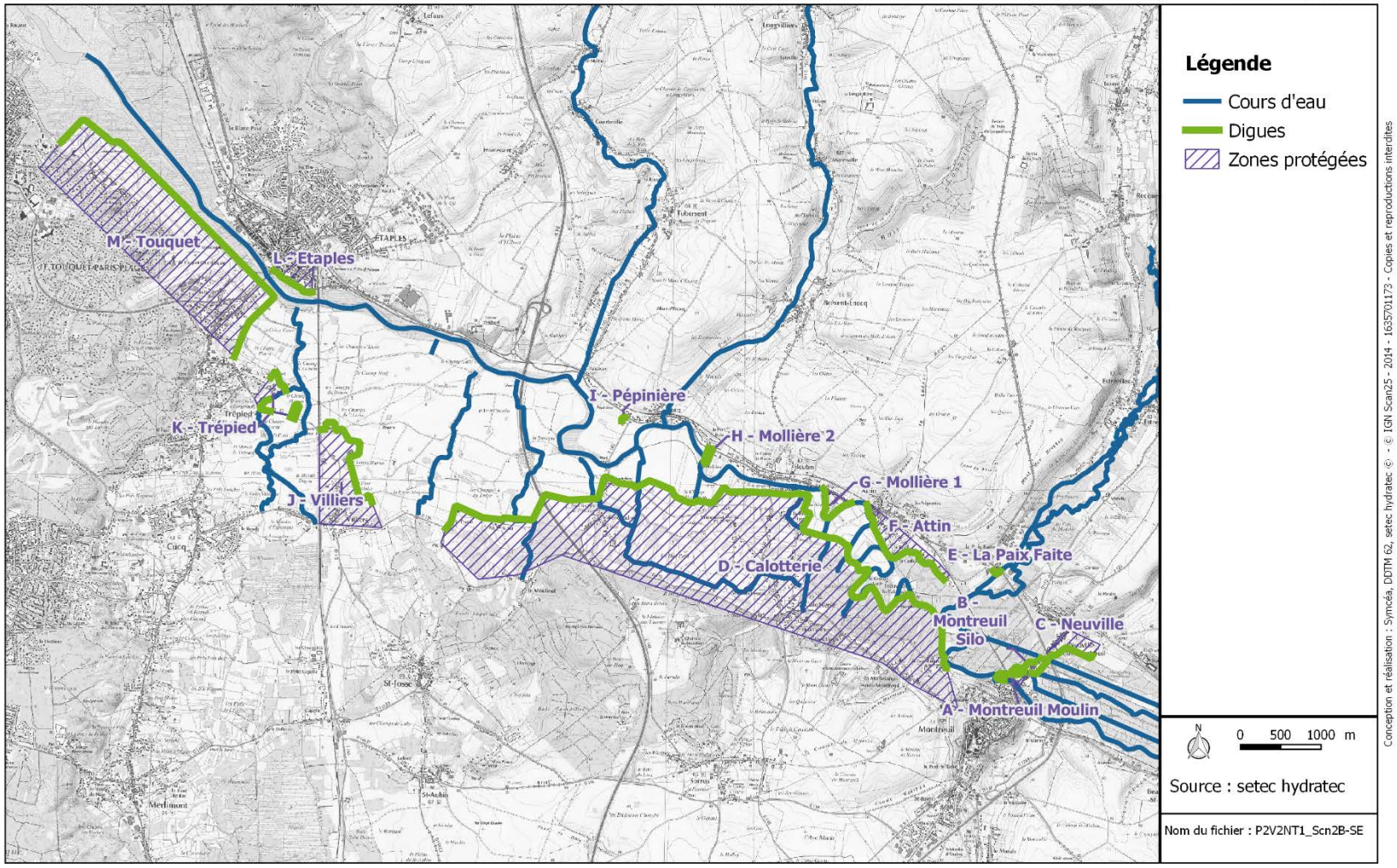


Figure 2-1 : Implantation des digues du scénario 2B et zones protégées délimitées

3 Evaluation des coûts de travaux

Les coûts de travaux ont été évalués dans le LPAPI 4 pour l'ensemble des endiguements de la basse vallée en calculant précisément les quantités de matériaux et en chiffrant les coûts de réalisation des ouvrages spéciaux (buses de vidange, déversoirs de sécurité, protes à marée…etc.) pour deux scénarios :

- Le scénario de référence : protection contre une crue trentennale de la Canche et une submersion marine centennale → Montant travaux = 30 millions €HT
- Un scénario comprenant le même tracé de digues, mais avec digues abaissées de 5 cm côté submersion marine (niveau de protection cinquantennal), et 15 cm côté crue continentale → Montant travaux = 26 millions €HT

Cela permet d'évaluer l'élasticité du coût de travaux à la surface de la section des digues.

Ces résultats sont interpolés pour estimer le montant de travaux relatif à la construction de digues et d'ouvrages spéciaux protégeant l'ensemble de la basse vallée contre un niveau trentennal : 24 millions €HT.

Les montants de travaux des différents scénarios peuvent ainsi être rapportés au linéaire de digues (27 km pour l'ensemble de la basse vallée) dans le cas du tracé du scénario de référence :

- 1 100 €HT/ml pour une protection centennale ;
- 880 €HT/ml pour une protection trentennale.

Par suite, le montant de travaux de chaque système d'endiguement est calculé au prorata du linéaire de digue définissant ce système.

On obtient les résultats du tableau ci-dessous.

N° Système d'endiguement	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
Nom	Montreuil Moulin	Montreuil Silo	Neuville	Caloterie	La Paix Faite	Attin	Mollière 1	Mollière 2	Pépinière	Villiers	Trépied	Etaples	Touquet
Coût linéaire digue (€HT/m)	880 €	880 €	880 €	880 €	880 €	880 €	880 €	880 €	880 €	880 €	880 €	880 €	880 €
Hypothèse coût entretien digue	2%	2%	2%	2%	2%	2%	2%	2%	2%	2%	2%	2%	2%
Linéaire de digue (m)	448	530	637	9 791	126	1 665	763	379	77	1 824	1 131	581	4 569
Coût initiaux digue (€HT)	394 240 €	466 400 €	560 560 €	8 616 080 €	110 880 €	1 465 200 €	671 440 €	333 520 €	67 760 €	1 605 120 €	995 280 €	511 280 €	4 020 720 €
Coûts d'entretien annuels (€HT)	7 885 €	9 328.00 €	11 211 €	172 322 €	2 218 €	29 304 €	13 429 €	6 670 €	1 355 €	32 102 €	19 906 €	10 226 €	80 414 €

Tableau 3-1 : Montants de travaux des différents systèmes d'endiguement du scénario 2B

Comme pour le scénario de référence, les coûts d'entretien et de gestion annuels sont calculés sur la base de 2% du montant des travaux.

4 Evaluation des dommages

La méthode de calcul des dommages employée ici est la même que celle exposée pour le scénario de référence dans le LPAPI4, et fait appel aux mêmes hypothèses. A ce stade, les calculs reposent sur :

- les dommages aux logements et aux entreprises, hors entreprises agricoles ;
- les scénarios hydrologiques S2 (événement moyen sans ouvrage), S4 (événement fréquent sans ouvrage) et S5 (crue millénale sans ouvrage).

Pour le scénario de référence, les résultats sont les suivants :

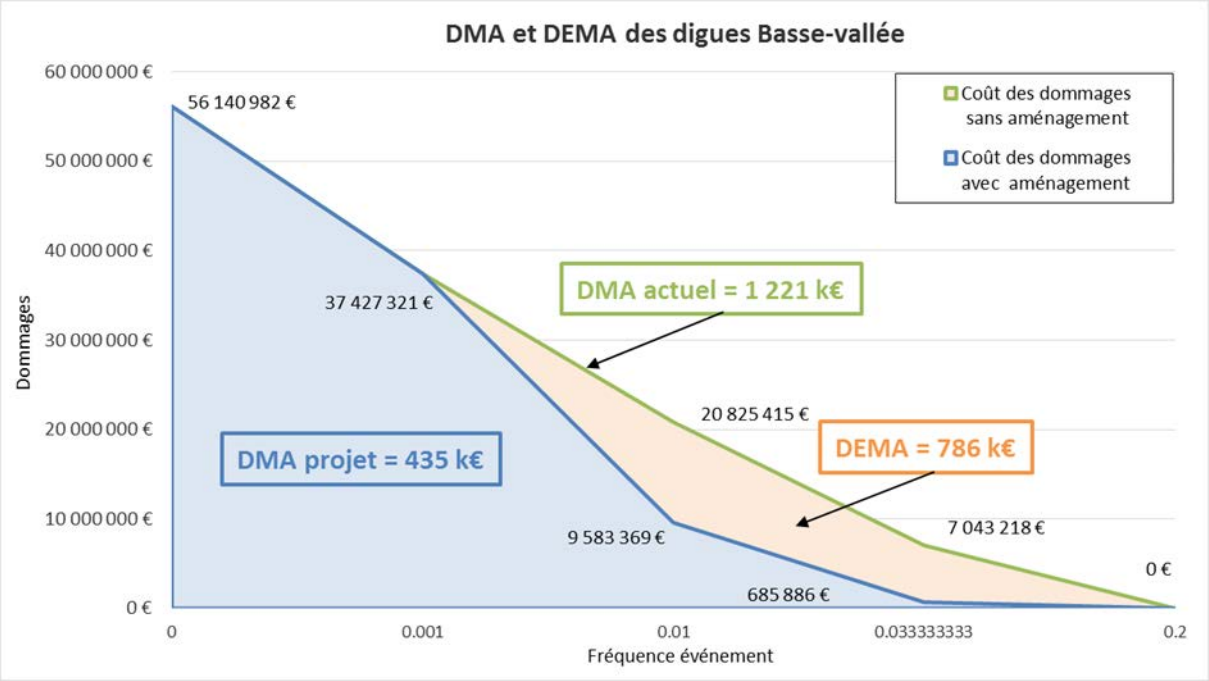


Tableau 4-1 : Dommages moyens annuels actuels et évités pour le scénario de référence

Pour le scénario 2B, le calcul des dommages est refait pour chaque système d'endiguement en considérant :

- les enjeux effectivement présents dans chaque zone protégée ;
- que les dommages d'une crue fréquente sont nuls en situation aménagée ;
- que les dommages d'une crue moyenne sont identiques en situation aménagée et en situation actuelle.

Concernant le premier point sur les enjeux protégés, il est apparu que les bases de données « enjeux » étaient incomplètes dans certains systèmes d'endiguements. Les enjeux manquants ont été identifiés manuellement sur la base du Scan 25 et leurs dommages calculés individuellement avec la même méthodologie que celle du LPAPI 4.

Les résultats des calculs des dommages évités du scénario 2B sont présentés dans le Tableau 5-1 p.15.

Les calculs sont ensuite refaits pour un scénario 2A (cf. Tableau 5-2 p.15), composé du même linéaire de digues et donc des mêmes systèmes d'endiguement que le scénario 2B, mais avec un niveau de protection identique à celui du scénario de référence (crue trentennale de la Canche et une submersion marine centennale).

5 Résultats des ACB et enseignements

Les coûts d'investissement sont ensuite comparés aux montant des dommages évités via une Analyse Coûts Bénéfices propre à chaque système d'endiguement.

Comme expliqué plus haut, l'ACB est réalisée pour le scénario 2B (protection trentennale) et pour le scénario 2A (protection continentale trentennale et protection centennale maritime).

Des tests de sensibilité sont également réalisés, à :

- une variation de ± 50 % du montant des investissements ;
- une variation de ± 50 % du montant des dommages évités.

Les résultats sont présentés sur les graphiques ci-dessous, sous la forme du ratio Bénéfice / Coûts. Le détail des calculs figure dans les tableaux qui suivent.

Lorsque B/C est supérieur à 1, le système d'endiguement est économiquement rentable, car le grain sur les dommages compense les investissements. Lorsque B/C < 1, le système d'endiguement n'est pas viable économiquement.

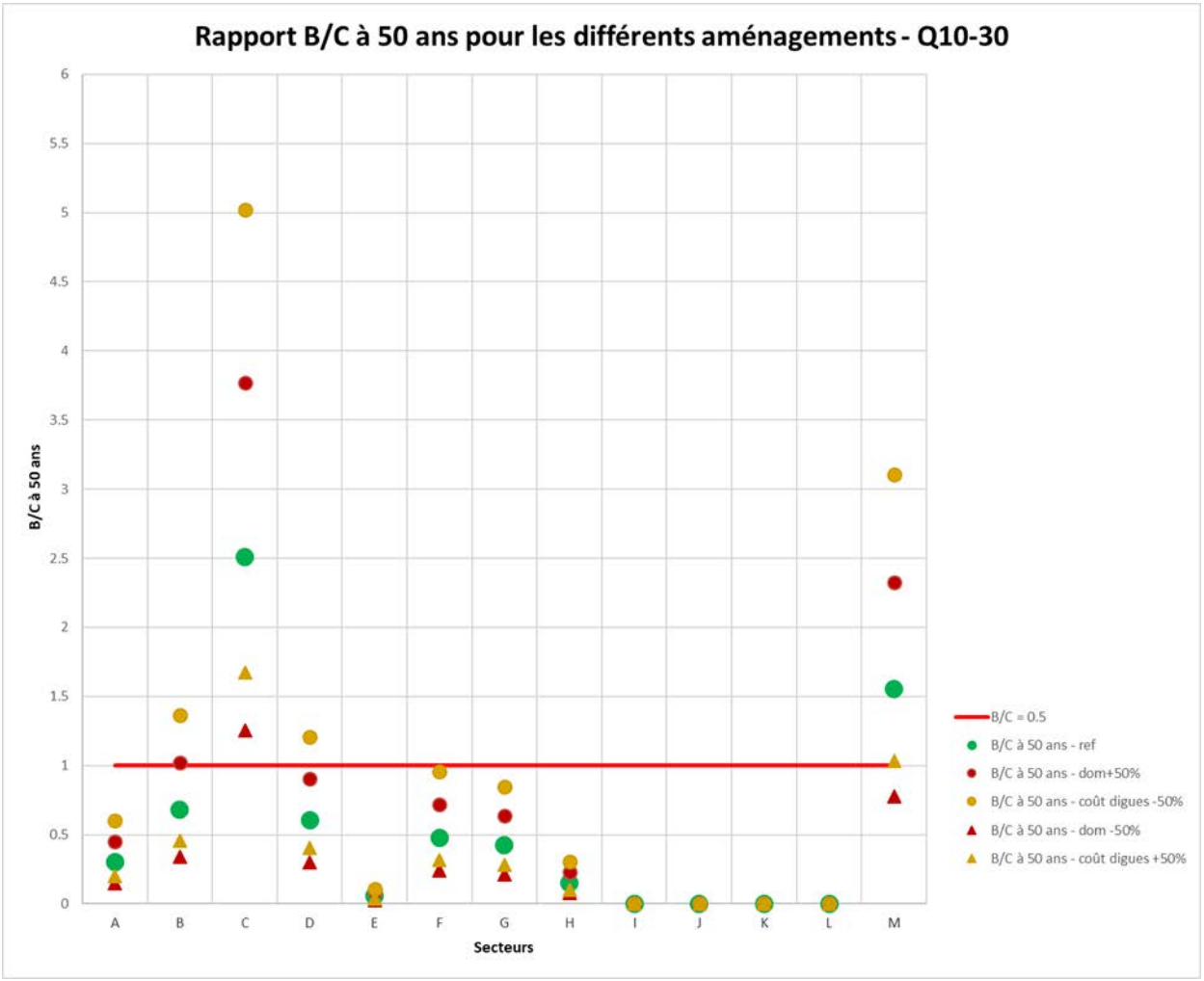


Figure 5-1 : Ratio B/C pour chaque système d'endiguement du scénario 2B (protection trentennale)

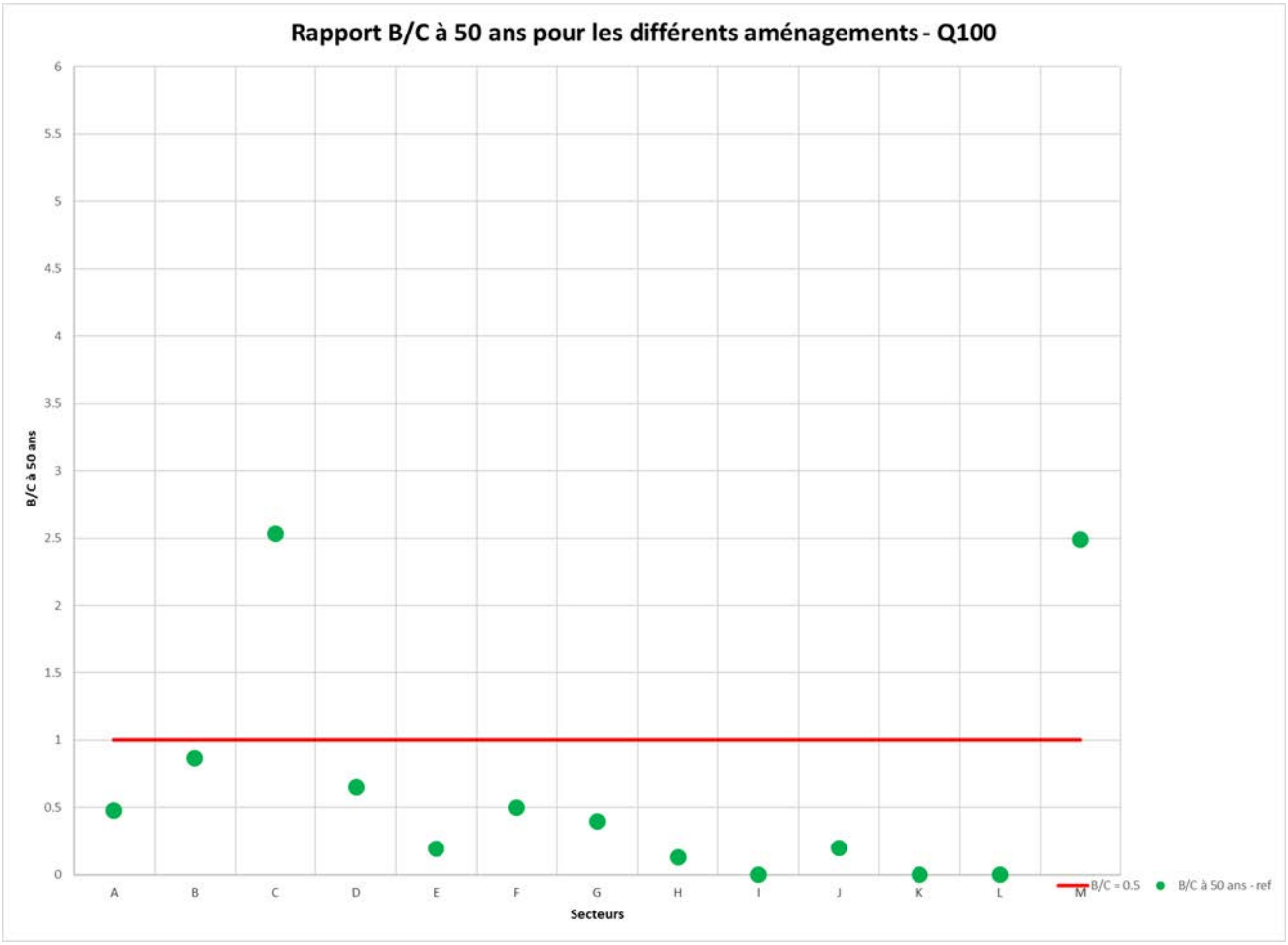


Figure 5-2 : Ratio B/C pour chaque système d'endiguement du scénario 2A (protection marine centennale, et continentale trentennale)

N° Système d'endiguement	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
Coût linéaire digue (€HT/m)	880 €	880 €	880 €	880 €	880 €	880 €	880 €	880 €	880 €	880 €	880 €	880 €	880 €
Hypothèse coût entretien digue	2%	2%	2%	2%	2%	2%	2%	2%	2%	2%	2%	2%	2%
Linéaire de digue (m)	448	530	637	9 791	126	1 665	763	379	77	1 824	1 131	581	4 569
Coût initiaux digue (€HT)	394 240 €	466 400 €	560 560 €	8 616 080 €	110 880 €	1 465 200 €	671 440 €	333 520 €	67 760 €	1 605 120 €	995 280 €	511 280 €	4 020 720 €
Coûts d'entretien annuels (€HT)	7 885 €	9 328.00 €	11 211 €	172 322 €	2 218 €	29 304 €	13 429 €	6 670 €	1 355 €	32 102 €	19 906 €	10 226 €	80 414 €
Dommages pour Q30 sans aménagements	68 885 €	184 902 €	818 763 €	3 028 617 €	3 541 €	406 889 €	165 167 €	29 695 €	0 €	0 €	0 €	0 €	3 629 708 €
Nb habitations pour Q30 sans aménagements	10	19	26	223	1	42	22	3	0	0	0	0	158
Nb entreprises pour Q30 sans aménagements	0	1	9	23	0	3	0	0	0	0	0	0	39
DEMA	6 544 €	17 566 €	77 782 €	287 719 €	336 €	38 654 €	15 691 €	2 821 €	0 €	0 €	0 €	0 €	344 822 €
Résultats													
VAN à 50 ans	-432 266 €	-232 760 €	1 327 556 €	-5 343 154 €	-164 235 €	-1 199 999 €	-607 283 €	-442 697 €	-106 197 €	-2 515 618 €	-1 559 849 €	-801 302 €	3 478 498 €
B/C à 50 ans - ref	0.3	0.7	2.5	0.6	0.1	0.5	0.4	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	1.6
Échéance VAN>0 (années)	> 100 ans	> 100 ans	10.0	> 100 ans	> 100 ans	> 100 ans	> 100 ans	> 100 ans	> 100 ans	> 100 ans	> 100 ans	> 100 ans	20.0
Échéance B/C>1	> 100 ans	> 100 ans	10.0	> 100 ans	> 100 ans	> 100 ans	> 100 ans	> 100 ans	> 100 ans	> 100 ans	> 100 ans	> 100 ans	20.0

Tableau 5-1 : ACB pour chaque système d'endiguement du scénario 2B (protection trentennale)

N° Système d'endiguement	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
Coût linéaire digue (€HT/m)	1 100 €	1 100 €	1 100 €	1 100 €	1 100 €	1 100 €	1 100 €	1 100 €	1 100 €	1 100 €	1 100 €	1 100 €	1 100 €
Hypothèse coût entretien digue	2%	2%	2%	2%	2%	2%	2%	2%	2%	2%	2%	2%	2%
Linéaire de digue (m)	448	530	637	9 791	126	1 665	763	379	77	1 824	1 131	581	4 569
Coût initiaux digue (€HT)	492 800 €	583 000 €	700 700 €	10 770 100 €	138 600 €	1 831 500 €	839 300 €	416 900 €	84 700 €	2 006 400 €	1 244 100 €	639 100 €	5 025 900 €
Coûts d'entretien annuels (€HT)	9 856 €	11 660.00 €	14 014 €	215 402 €	2 772 €	36 630 €	16 786 €	8 338 €	1 694 €	40 128 €	24 882 €	12 782 €	100 518 €
Dommages pour Q100 sans aménagements	68 885 €	184 902 €	818 763 €	3 028 617 €	3 541 €	406 889 €	165 167 €	29 695 €	0 €	0 €	0 €	0 €	3 629 708 €
Nb habitations pour Q30 sans aménagements	10	19	26	223	1	42	22	3	0	0	0	0	158
Nb entreprises pour Q30 sans aménagements	0	1	9	23	0	3	0	0	0	0	0	0	39
DEMA	13 078 €	27 935 €	98 033 €	387 195 €	1 480 €	50 483 €	18 520 €	2 930 €	0 €	22 184 €	0 €	0 €	691 617 €
Résultats													
VAN à 50 ans	-401 415 €	-121 400 €	1 682 286 €	-5 897 657 €	-175 234 €	-1 438 610 €	-790 123 €	-570 294 €	-132 746 €	-2 515 340 €	-1 949 811 €	-1 001 627 €	11 739 046 €
B/C à 50 ans - ref	0.5	0.9	2.5	0.7	0.2	0.5	0.4	0.1	0.0	0.2	0.0	0.0	2.5
Échéance VAN>0 (années)	> 100 ans	85.0	10.0	> 100 ans	> 100 ans	> 100 ans	> 100 ans	> 100 ans	> 100 ans	> 100 ans	> 100 ans	> 100 ans	10.0
Échéance B/C>1	> 100 ans	85.0	10.0	> 100 ans	> 100 ans	> 100 ans	> 100 ans	> 100 ans	> 100 ans	> 100 ans	> 100 ans	> 100 ans	10.0

Tableau 5-2 : ACB pour chaque système d'endiguement du scénario 2A (protection marine centennale, et continentale trentennale)

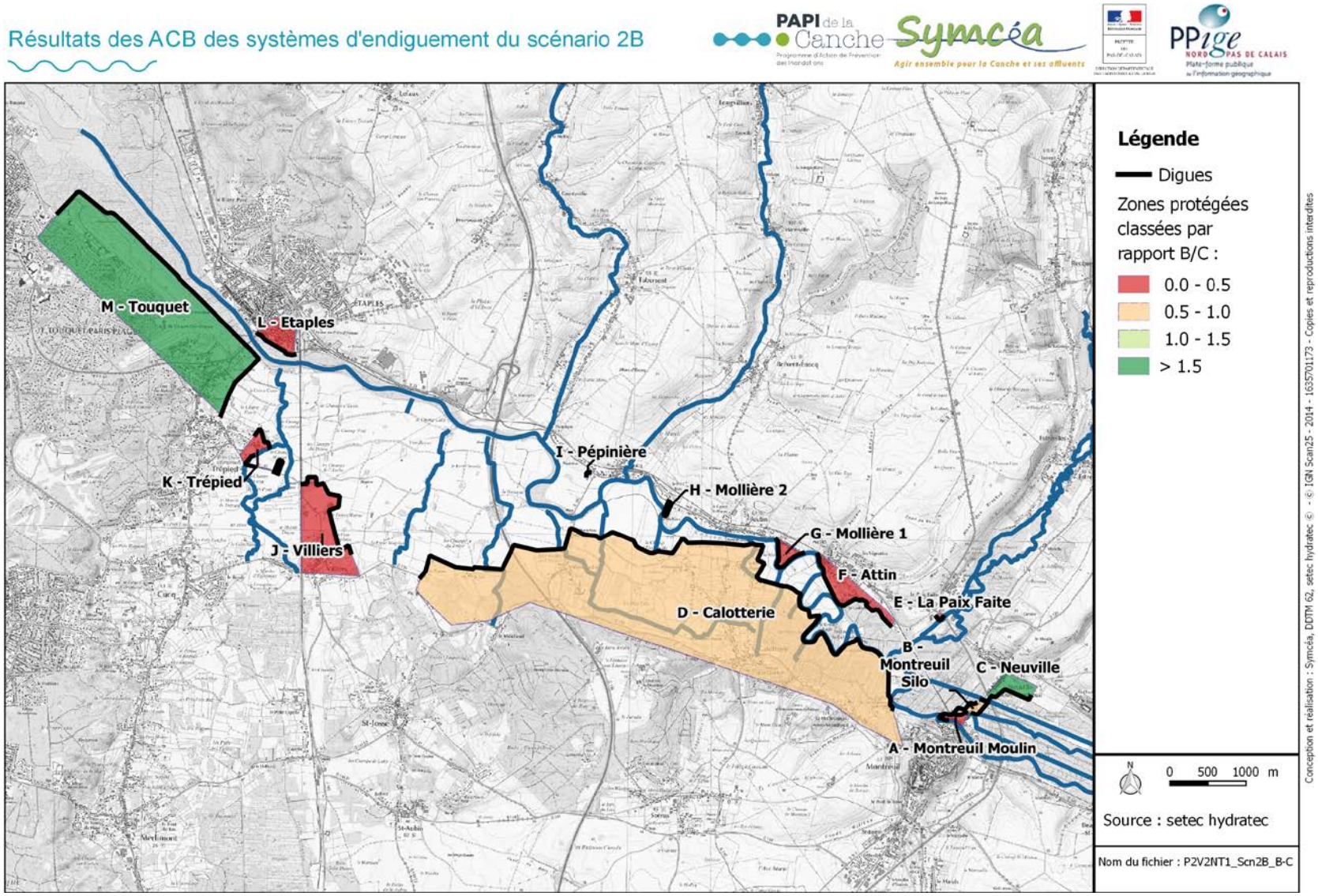


Figure 5-3 : Résultats des ACB des systèmes d'endiguement du scénario 2B

Les résultats obtenus montrent que :

- Deux systèmes d'endiguement (SE) sont viables économiquement : C - Neuville-sous-Montreuil et M – Touquet. Ce résultat est robuste, puisqu'il est observé pour quasiment tous les tests de sensibilité. Pour ces 2 SE, l'ACB est positive pour les 2 niveaux de protection étudiés (scn 2A et 2B). On note même que la rentabilité de l'aménagement M – Touquet est meilleure pour une protection centennale que pour une protection trentennale, car le gain sur les dommages est beaucoup plus important pour une crue moyenne et compense largement le faible surcoût dû à une hauteur de digues plus importantes.
- Pour la majorité des SE (A, E, F, G, H, I, J, K, L), l'ACB est largement négative (B/C < 0.5), en raison du linéaire important de digues au regard du nombre d'enjeux à protéger. Même les tests de sensibilité les plus favorables ne font passer la barre de B/C > 1. Les conclusions sont similaires quel que soit le niveau de protection étudié. Là encore, on note que le résultat de l'ACB est un peu moins bon pour une protection trentennale par rapport à une protection centennale.
- Pour deux SE (B – Montreuil Silo et D – Caloterie), l'ACB est négative (0.7 et 0.6 respectivement pour un niveau de protection centennal), mais un ou plusieurs tests de sensibilité fait passer la barre de B/C >1 (coût digues -50% et éventuellement montant dommages + 50%).
- Pour que le système d'endiguement soit rentable, il faut que la zone protégée contienne au moins 35 habitations par kilomètre de digue constituant le système d'endiguement.

Dans le graphique qui suit, les systèmes d'endiguement sont classés de celui qui a l'ACB la plus positive (système C, à gauche) à celui qui a le rapport B/C le moins intéressant (système L, à droite). Pour chaque système on peut lire :

- sur les histogrammes, les Coûts d'investissement (C) et les Bénéfices attendus sur les dommages (B),
- sur la courbe verte, le nombre d'habitations protégées par le système d'endiguement.

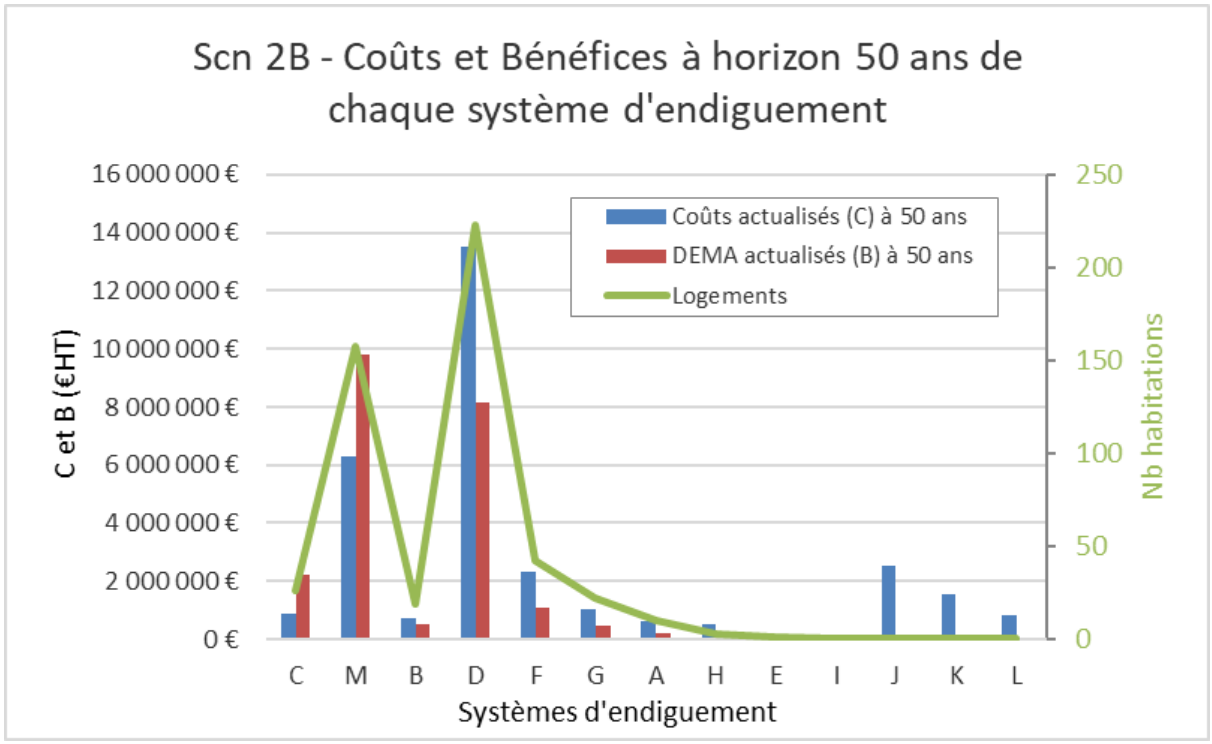


Figure 5-4 : Coûts, Bénéfices et nombres d'habitations protégées pour chaque système d'endiguement

On distingue 5 catégories de systèmes d'endiguement sur ce graphique :

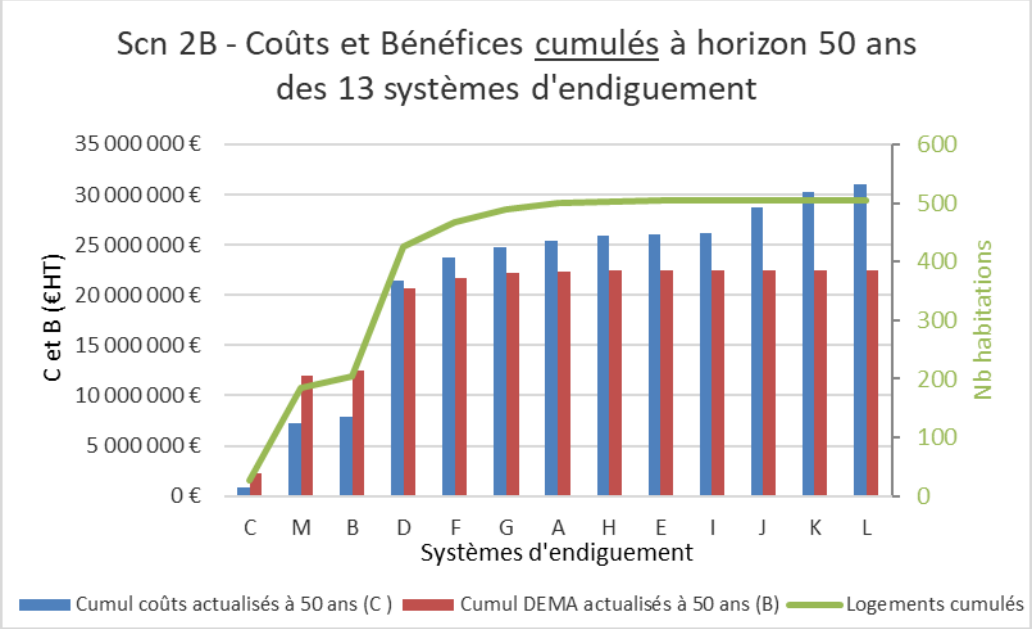
- On repère toujours les systèmes C - Neuville-sous-Montreuil et M – Touquet à ACB positive, puisque leur barre rouge des économies réalisées sur les dommages est plus haute que celle des coûts de travaux et d'entretien en bleu (écart cumulé de 4.8 millions d'euros).
- A l'opposé du graphique, les systèmes J - Villiers, K – Trépied et L – Etaples présentent des coûts prohibitifs par rapport au service rendu par l'aménagement : dépense nette cumulée de 4.9 millions d'euros sur 50 ans.
- Les systèmes H – Mollière2, E – La Paix Faite et I – Pépinière, qui ne concernent chacun qu'une parcelle isolée, et pour lesquels les mesures de réduction de la vulnérabilité sont plus appropriées qu'un système d'endiguement.
- Le système d'endiguement D – Calotterie se distingue par ses coûts d'investissement importants au regard des économies à attendre sur les dommages, puisque la perte financière nette de ce système est de 5.3 millions d'euros HT.
- Enfin les systèmes B – Montreuil Silo, F - Attin, G – Mollière1 et A – Montreuil Moulin on aussi une ACB négative, mais l'écart entre coûts et bénéfices est moindre, puisqu'il vaut 2.5 millions d'euros cumulés pour ces 4 systèmes.

Les graphiques suivants permettent de visualiser quels systèmes d'endiguement pourraient être réalisés de façon à ce que l'ACB positive des uns compense l'ACB négative des autres. On retrouve le classement des systèmes d'endiguement selon leur rapport B/C, mais cette fois, les histogrammes des coûts d'une part et des bénéfices d'autre part sont cumulés d'un système à l'autre vers la droite du graphique. La courbe du nombre d'habitations protégées est également cumulée.

Par cette représentation, on choisit de réaliser en priorité les systèmes d'endiguement qui ont le rapport B/C le plus favorable.

Sur le premier graphique ci-après, qui contient tous les systèmes d'endiguement, il apparait que l'ACB globale du groupe de systèmes d'endiguement C+M+B est positive. Mais la balance fortement négative du système D ne peut pas être compensée par la positivité des deux premiers systèmes.

Le second graphique ci-après est identique au premier, à l'exception du fait que le système D n'y est pas représenté. Dans ces conditions, on s'aperçoit que l'ACB globale de tous les systèmes d'endiguements sauf D, J, K et L est positive.



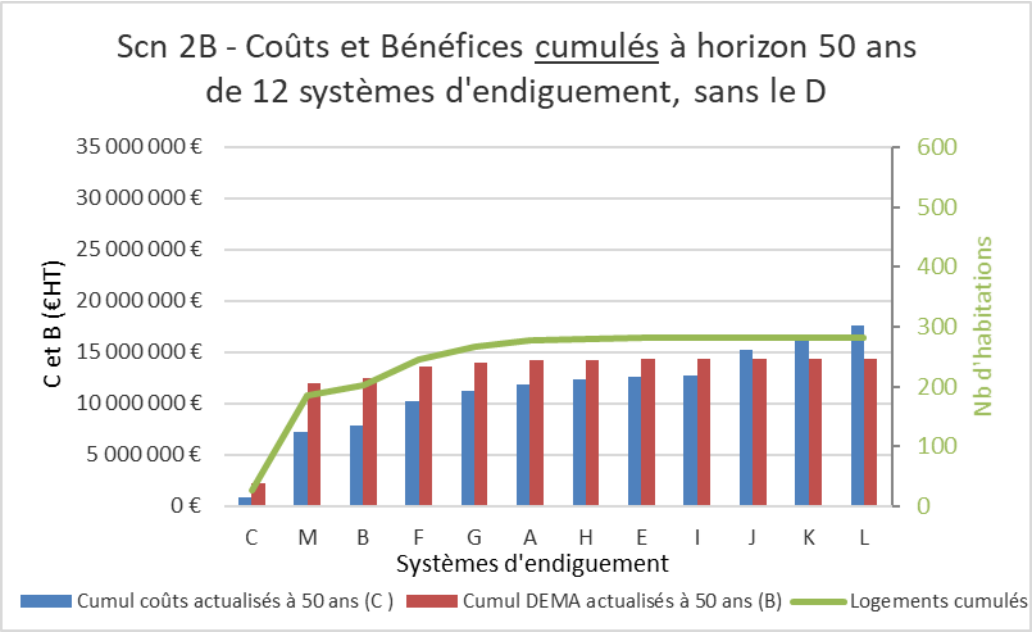


Figure 5-5 : Coûts, Bénéfices et nombres d'habitations protégées cumulées d'un système d'endiguement à l'autre

En conclusion :

- 2 systèmes d'endiguement présentent une ACB individuelle positive : C – Neuville et M – Touquet et peuvent donc être intégrés à l'axe 7 du programme d'actions.
- Le groupe des 9 systèmes d'endiguement [C, M, B – Montreuil Silo, F - Attin, G – Mollière 1, A – Montreuil moulin, H – Mollière 2, E – La Paix Faite et I – Pépinière] présente une ACB globale positive. Pour que ce système global puisse être présenté dans le dossier PAPI, il faut que l'interdépendance hydraulique des systèmes soit démontrée (c'est-à-dire que la présence de l'un modifie les conditions hydrauliques de l'autre).
- Les règles d'éligibilité du PAPI éliminent clairement les systèmes d'endiguement D – Calotterie, J - Villiers, K - Trépied, L – Etaples des financements du FPRNM.
- Dans le cadre du PAPI, la gestion des inondations des secteurs D, J, K et L relève des axes 1 à 5, et en particulier de l'axe 5 – Réduction de la vulnérabilité, ce qui n'exclut pas une démarche GEMAPIenne hors PAPI (financement à 100% par la collectivité de ces systèmes d'endiguement à ACB négative).

Finalement, les solutions de protection contre les inondation intégrables au PAPI sont cartographiées par zones sur la figure ci-après.

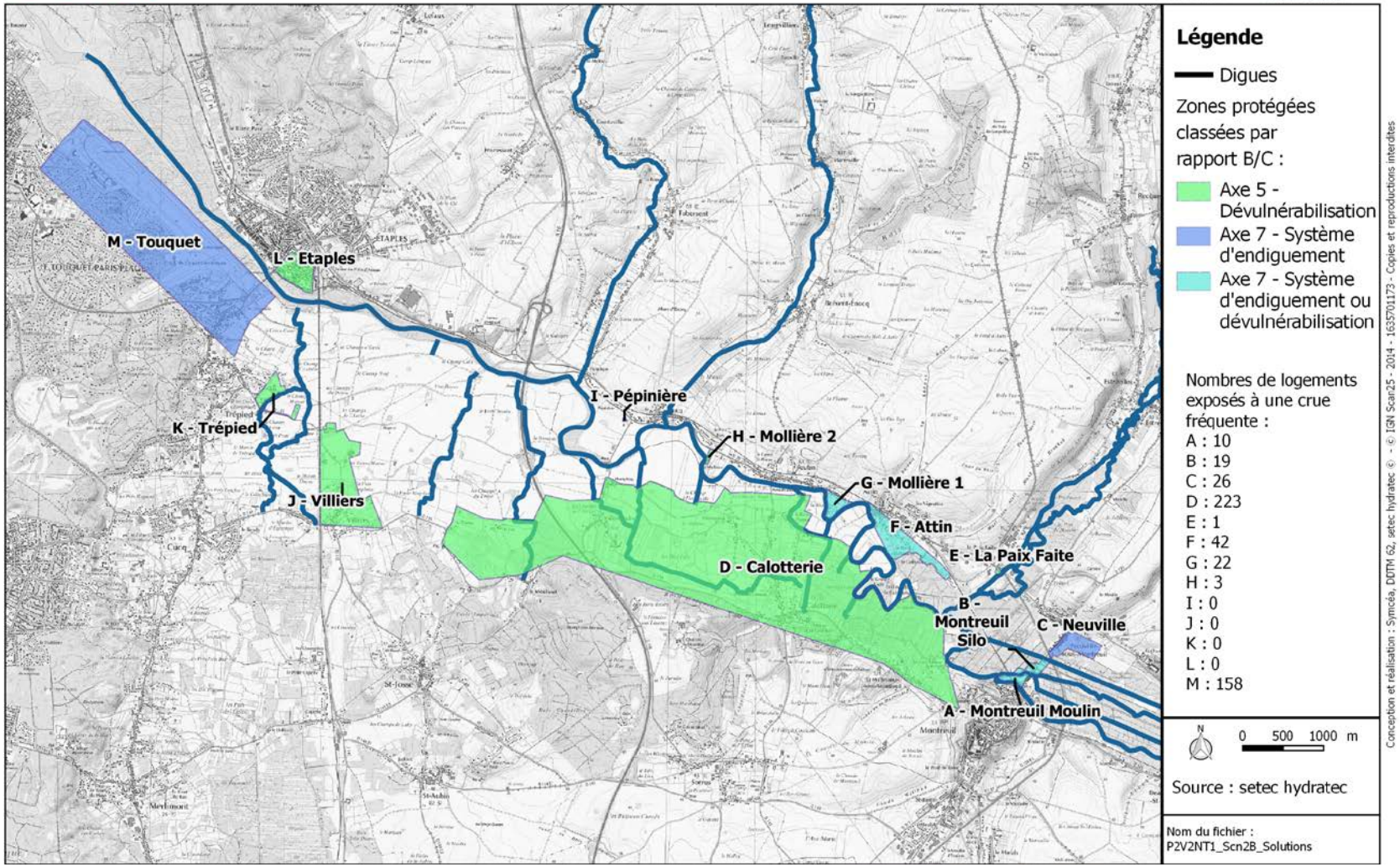


Figure 5-6 : Synthèse : Les solutions adaptées à chaque secteur de la Basse Vallée

6 Etude complémentaire d'une variante au système d'endiguement D

Les calculs précédents montrent que le système d'endiguement D - La Calotterie présente un rapport B/C de 0.6 pour une protection trentennale, ne répondant pas au critère de subvention par le fonds Barnier. Les nombreux enjeux contenus dans cette zone protégée nécessitent la recherche d'une optimisation du tracé des digues afin d'augmenter le rapport B/C.

Le présent chapitre concerne l'analyse hydraulique et économique d'une variante du système d'endiguement D : les digues sont plus rapprochées des enjeux, ce qui conduit à distinguer 3 zones protégées distinctes en rive gauche de la Canche entre Montreuil et l'autoroute A16 :

- D1 : la Grenouillère
- D2 : la Calotterie - la Basse Flaque – Visemarest
- D3 : Valencendre

Elles sont localisées sur la figure ci-dessous, avec des zooms présentés en annexe 2.

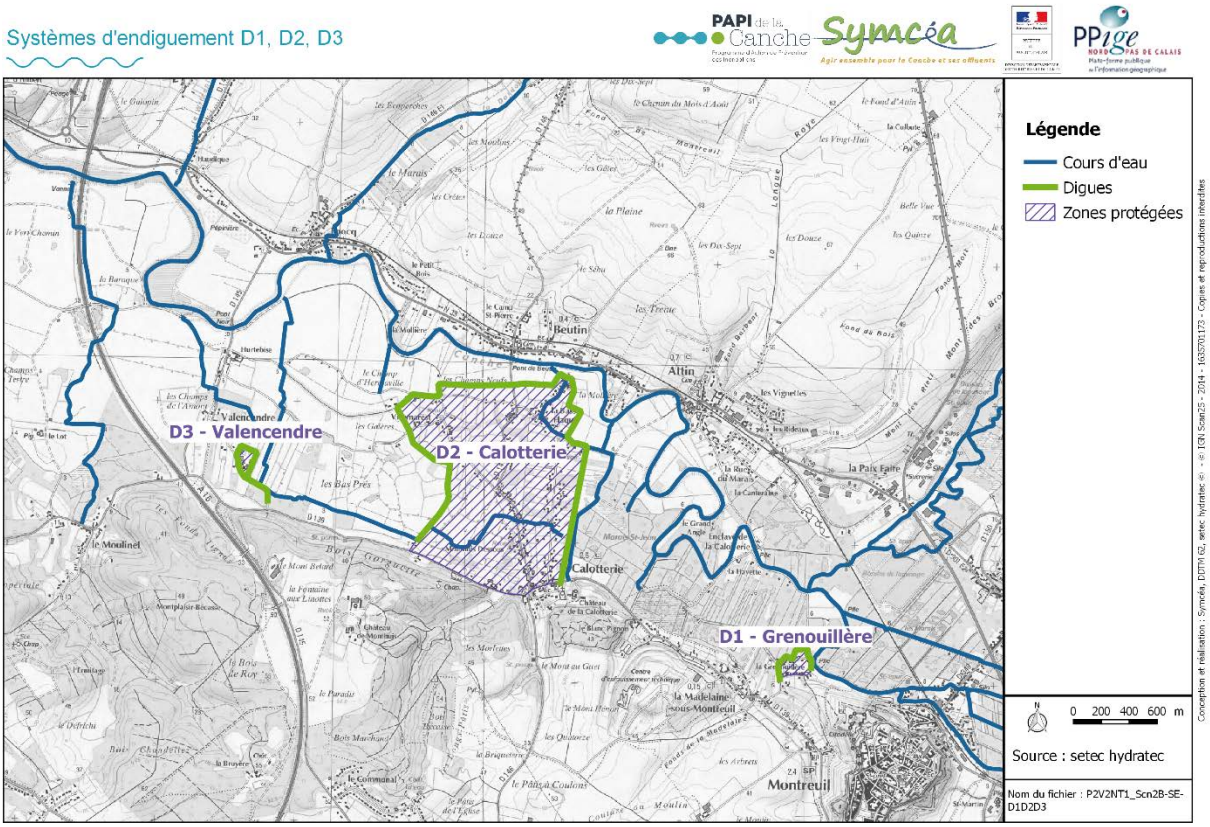


Figure 6-1 : Localisation des zones protégées D1, D2, D3

Une analyse socio-économique est menée pour ces 3 systèmes d'endiguement dans les paragraphes qui suivent, basée sur la même méthodologie que les calculs précédents.

Les calculs sont ici réalisés pour un niveau de protection **fluvial trentennal** et **maritime centennal**, conforme au souhait de protection des riverains et EPCI. Cette situation hydrologique correspond peu ou prou à la situation observée en décembre 1999 dans la basse vallée.

6.1 Evaluation des coûts de travaux

Si les hauteurs des digues des systèmes D1, D2 et D3 sont globalement plus faibles que celle du système D, ces digues sont néanmoins situées en zones marécageuses, donc sur des sols peu propices à l'implantation d'ouvrages hydrauliques lourds, ce qui nécessite des travaux préparatoires conséquents.

Le coût des digues de protection est donc évalué à 1100 €/ml.

Dans le cas du système D3 – Valencendre, 30% du linéaire de la digue n'a qu'une fonction d'accès au système d'endiguement (mais pas de fonction de protection). Pour ce tronçon, le coût linéaire du remblai est estimé à 550 €/ml.

Les coûts d'investissement et d'entretien des 3 systèmes sont calculés ci-dessous.

Dans cette partie, les coûts d'entretien sont estimés à 3% du montant des travaux, conformément aux recommandations du cahier des charges PAPI 3.

	Longueur digue	Coût linéaire	Coûts initiaux
D1 – Grenouillère	550 m	1100 €/m	605 000 €
D2 – Calotterie	4 330 m	1100 €/m	4 763 000 €
D3 – Valencendre	830 m (dont seulement 585 m qui entourent les enjeux, le reste étant le rehaussement de la route d'accès)	585 m à 1100 €/m 245 m à 550 €/m	780 000 €

Tableau 6-1 : Montants d'investissement et d'entretien des systèmes d'endiguements D1, D2, D3

6.2 Evaluation des dommages

Les systèmes d'endiguement étant plus petits que ceux étudiés dans les chapitres précédents, une identification des enjeux protégés a été menée sur le terrain afin d'affiner les bases de données.

Les dommages pris en compte sont ceux observés sur les logements et les entreprises, hors activités agricoles sur les systèmes D1 – Grenouillère et D3 - Valencendre.

Sur le système D2 – Calotterie, pour lequel les premiers résultats obtenus ne permettaient pas de déterminer la rentabilité de l'ouvrage, les dommages aux parcelles agricoles ont également été pris en compte. Aucun établissement public soumis aux inondations visées n'a été recensé sur ce secteur.

Dans le scénario aménagé, le calcul des dommages est refait pour chaque système d'endiguement en considérant :

- les enjeux effectivement présents dans chaque zone protégée,
- que les dommages d'une crue fréquente sont nuls en situation aménagée,
- dans le système D3 – Valencendre : que les dommages d'une crue moyenne sont nuls puisque la protection est centennale pour l'aléa maritime (hypothèse favorable à la création d'une digue)
- dans les systèmes D1 – La Grenouillère et D2 – Calotterie, que les dommages d'une crue moyenne sont identiques à ceux observés sans digue. De fait, la digue, dimensionnée pour un événement fréquent trentennal, est submergée par une crue fluviale centennale. Une analyse complémentaire pourra être réalisée pour déterminer si une sur-inondation est provoquée par la présence du système d'endiguement lors d'un débordement centennal si la réflexion est poursuivie sur ces systèmes.

Les résultats des calculs des dommages évités grâce à la présence des digues D1, D2 et D3 sont présentés dans le tableau ci-après.

6.3 Résultats des ACB et enseignements

6.3.1 Résultats individuels de chaque système d'endiguement

Les coûts d'investissement sont comparés aux montant des dommages évités via une Analyse Coûts Bénéfices propre à chaque système d'endiguement.

Des tests de sensibilité sont également effectués, à :

- une variation de ± 50 % du montant des investissements ;
- une variation de ± 50 % du montant des dommages évités ;

Les résultats sont présentés sur les graphiques ci-dessous, sous la forme du ratio Bénéfice / Coûts. Le détail des calculs figure dans les tableaux qui suivent.

Système d'endiguement	Calotterie	Grenouillere	Valencendre
Coût linéaire digue (€HT/m)	1 100 €	1 100 €	940 €
Hypothèse coût entretien digue	3%	3%	3%
Linéaire de digue (m)	4 330	550	830
Coûts initiaux digue (€HT)	4 763 000 €	605 000 €	780 000 €
Coûts d'entretien annuels (€HT)	142 890 €	18 150 €	23 400 €
Dommages pour Q30 sans aménagements	2 338 181 €	855 833 €	0 €
Dom Q30/ml digue	540 €	1 556 €	0 €
Résultats			
DEMA	222 127 €	81 304 €	4 747 €
DEMA / ml de digue	51 €	148 €	6 €
VAN à 50 ans	-2 515 649 €	1 186 199 €	-1 309 055 €
B/C à 50 ans - ref	0.7	2.1	0.1
Échéance VAN>0 (années)	> 100 ans	12.0	> 100 ans
Échéance B/C>1	> 100 ans	12.0	> 100 ans

Tableau 6-2 : ACB pour les systèmes d'endiguement D1, D2, D3 pour l'événement Q30 débordement / T100 marin

Analyse de robustesse : dommages+50%	Calotterie	Grenouillere	Valencendre
valeur VAN à 50 ans	634 372 €	2 339 186 €	-1 241 743 €
B/C à 50 ans	1.1	3.1	0.1
Échéance VAN>0 (années)	40.0	7.0	> 100 ans
Échéance B/C>1	40.0	7.0	> 100 ans

Analyse de robustesse : dommages-50%	Calotterie	Grenouillere	Valencendre
valeur VAN à 50 ans	-5 665 670 €	33 211 €	-1 376 367 €
B/C à 50 ans	0.4	1.0	0.0
Échéance VAN>0 (années)	> 100 ans	46.0	> 100 ans
Échéance B/C>1	> 100 ans	46.0	> 100 ans

Analyse de robustesse : cout digues -50%	Calotterie	Grenouillere	Valencendre
valeur VAN à 50 ans	1 892 197 €	1 746 087 €	-587 216 €
B/C à 50 ans	1.4	4.1	0.2
Échéance VAN>0 (années)	21.0	5.0	> 100 ans
Échéance B/C>1	21.0	5.0	> 100 ans

Analyse de robustesse : cout digues +50%	Calotterie	Grenouillere	Valencendre
valeur VAN à 50 ans	-6 923 494 €	626 311 €	-2 030 894 €
B/C à 50 ans	0.5	1.4	0.1
Échéance VAN>0 (années)	> 100 ans	23.0	> 100 ans
Échéance B/C>1	> 100 ans	23.0	> 100 ans

Tableau 6-3 : Résultats des tests de sensibilité des systèmes d'endiguement D1, D2, D3 pour l'événement Q30 débordement / T100 marin

Les résultats obtenus montrent que :

- l'ACB est largement négative pour le système D3 – Valencendre ;
- l'ACB est largement positive pour le système D1 – La Grenouillère
- l'ACB est négative pour le système D2 – La Calotterie mais une variation des dommages observés sur les enjeux ou du coût des digues pourrait peut-être amener à obtenir une ACB positive.

6.3.2 Résultats d'une ACB cumulée D1+D2

Pour compléter, une ACB globale sur les 2 systèmes D1-Grenouillère + D2-Calotterie est testée : son ACB est légèrement négative également, puisqu'elle présente un rapport B/C de 0.85 à l'horizon 50 ans.

Système d'endiguement	**Calotterie - Grenouillere**
Coût linéaire digue (€HT/m)	1 100 €
Hypothèse coût entretien digue	3%
Linéaire de digue (m)	4 880
Coûts initiaux digue (€HT)	5 368 000 €
Coûts d'entretien annuels (€HT)	161 040 €
Dommages pour Q30 sans aménagements	3 194 015 €
Dom Q30/ml digue	655 €
Résultats	
DEMA	303 431 €
DEMA / ml de digue	62 €
VAN à 50 ans	-1 504 450 €
B/C à 50 ans - ref	0.85
Échéance VAN>0 (années)	> 100 ans
Échéance B/C>1	> 100 ans

Tableau 6-4 : ACB pour le système d'endiguement D1+D2 pour l'événement Q30 débordement / T100 marin

Le graphique ci-dessous représente les coûts (trait plein) et dommages évités annuels (pointillés), actualisés et cumulés, pour les systèmes D1, D2, et D1+D2. Pour rappel, l'ACB est considérée positive si le les coûts annualisés sont compensés par les dommages évités à un horizon temporel inférieur ou égal à 50 ans. Sur le graphique ci-dessous, cela signifie que le croisement entre les courbes en pointillés et en trait plein doit avoir lieu avant l'horizon 50 ans, figuré par une ligne verticale rouge.

Comme évoqué précédemment, il apparaît que seul le système de La Grenouillère répond à ce critère.

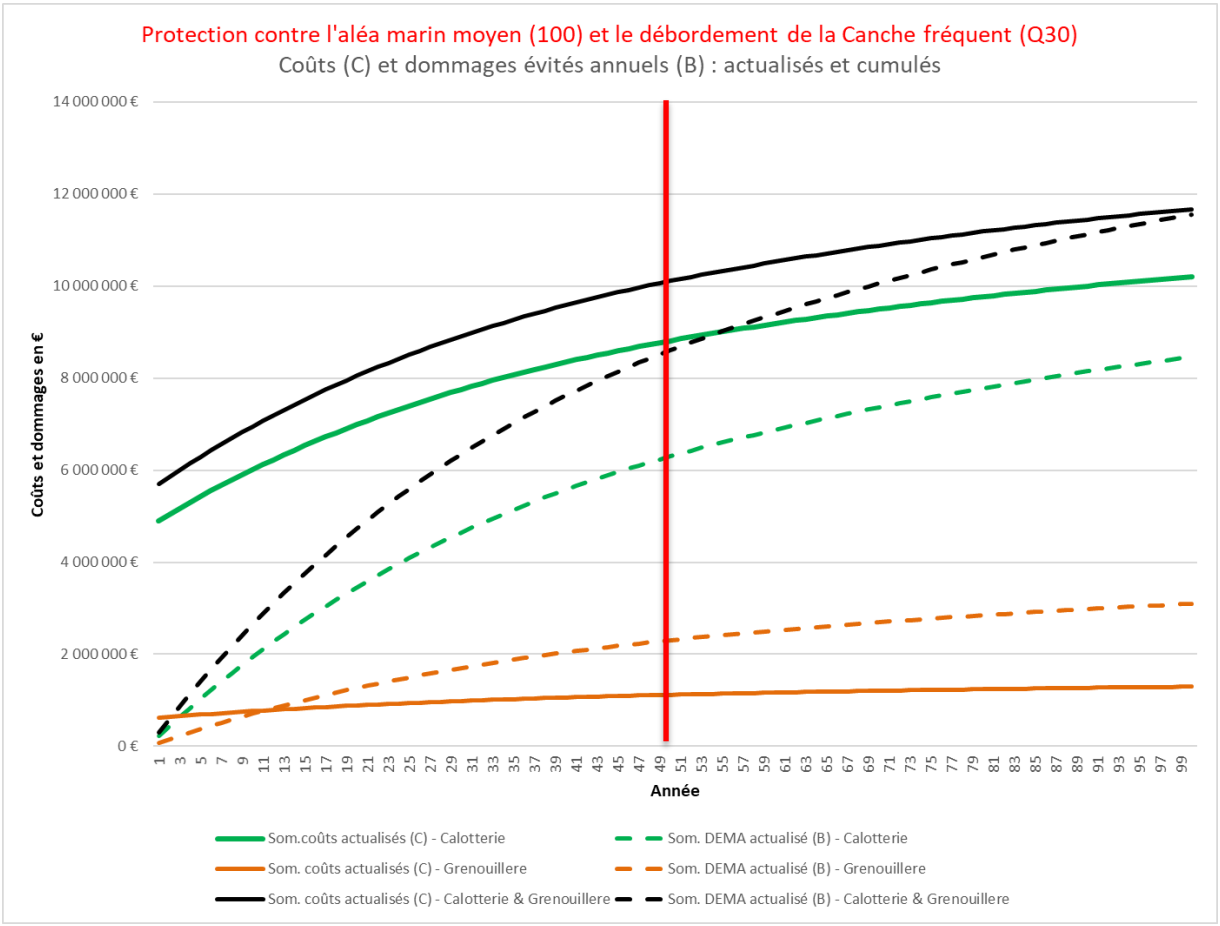


Figure 6-2 : Coûts et dommages évités, actualisés et cumulés, pour l'événement Q30 débordement / T100 marin

6.3.3 Résultats pour une protection centennale (fluviale + maritime)

Sur les système de La Calotterie et de la Grenouillère, les surcoûts liés à la construction d'une digue plus haute pour se prémunir contre un débordement centennal de la Canche sont compensés par les bénéfices attendus ; la VAN augmente par rapport à celle d'une protection fluviale trentennale.

Pour un événement centennal, la valeur du rapport B/C à horizon 50 ans de l'ACB globale D1+D2 augmente, pour atteindre 0.96. Ce ratio est proche de 1, ce qui laisse supposer qu'un calcul plus détaillé serait nécessaire pour évaluer la rentabilité de cet ouvrage.

Système d'endiguement	Calotterie	Grenouillere	Calotterie - Grenouillere
Coût linéaire digue (€HT/m)	1 320 €	1 320 €	1 320 €
Hypothèse coût entretien digue	3%	3%	3%
Linéaire de digue (m)	4 330	550	4 880
Coût initiaux digue (€HT)	5 715 600 €	726 000 €	6 441 600 €
Coûts d'entretien annuels (€HT)	171 468 €	21 780 €	193 248 €
Dommages pour Q100 sans aménagements	5 131 376 €	1 188 520 €	6 319 896 €
Dom Q100/ml digue	1 185 €	2 161 €	1 295 €
Résultats			
DEMA	305 084 €	100 519 €	405 603 €
DEMA / ml de digue	70 €	183 €	83 €
VAN à 50 ans	-1 925 928 €	1 507 208 €	-418 719 €
B/C à 50 ans - ref	0.7	2.1	0.96
Échéance VAN>0 (années)	> 100 ans	12.0	58.0
Échéance B/C>1	> 100 ans	12.0	58.0

Tableau 6-5 : ACB pour le système d'endiguement D1+D2 pour l'événement Q100 débordement / T100 marin

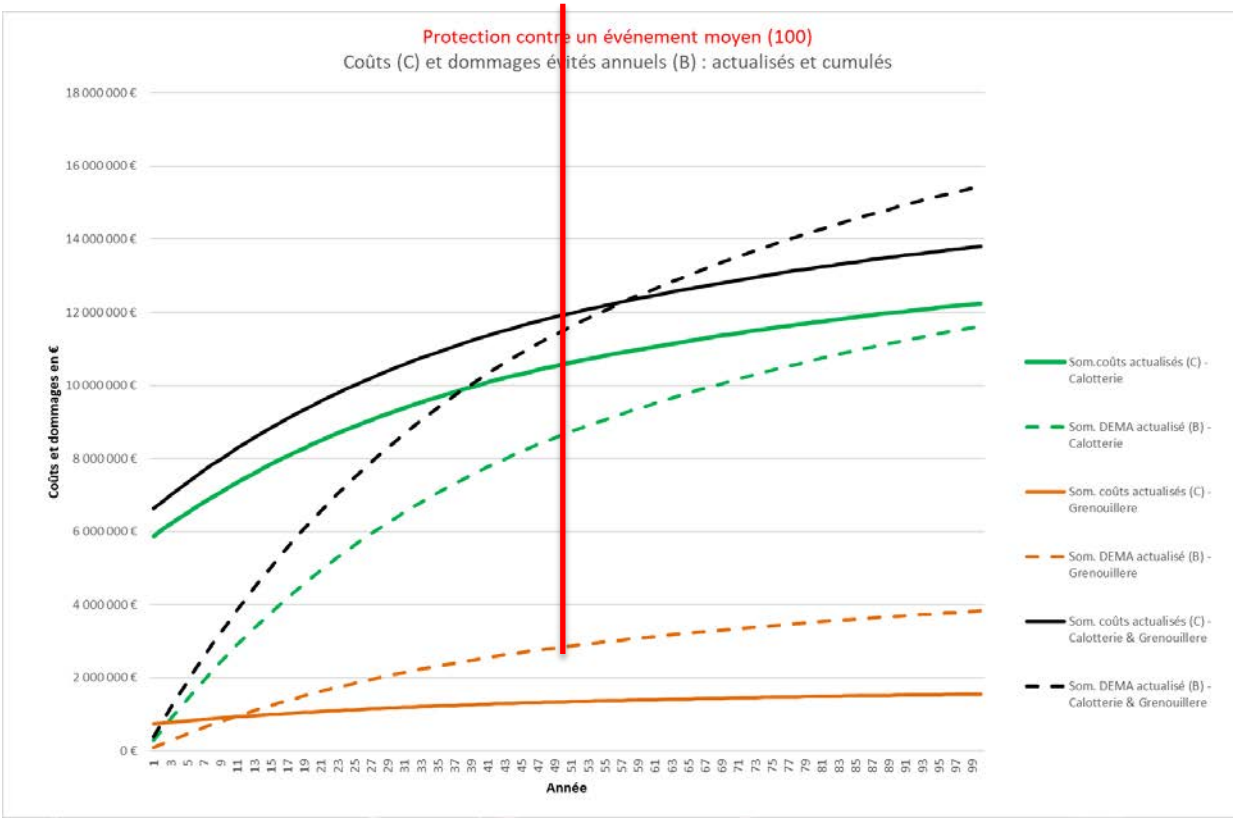


Figure 6-3 : Coûts et dommages évités, actualisés et cumulés, pour l'événement Q100 débordement / T100 marin

6.4 Synthèse générale

Finalement, à ce stade des réflexions, les solutions de protection contre les inondations intégrables au PAPI sont cartographiées par zones sur la figure ci-après.

Les systèmes d'endiguement indiqués comme « à confirmer » ont une ACB individuelle négative, mais peuvent potentiellement être intégrés à une ACB globale qui pourrait être positive, après calcul plus détaillé sur la rentabilité des ouvrages.

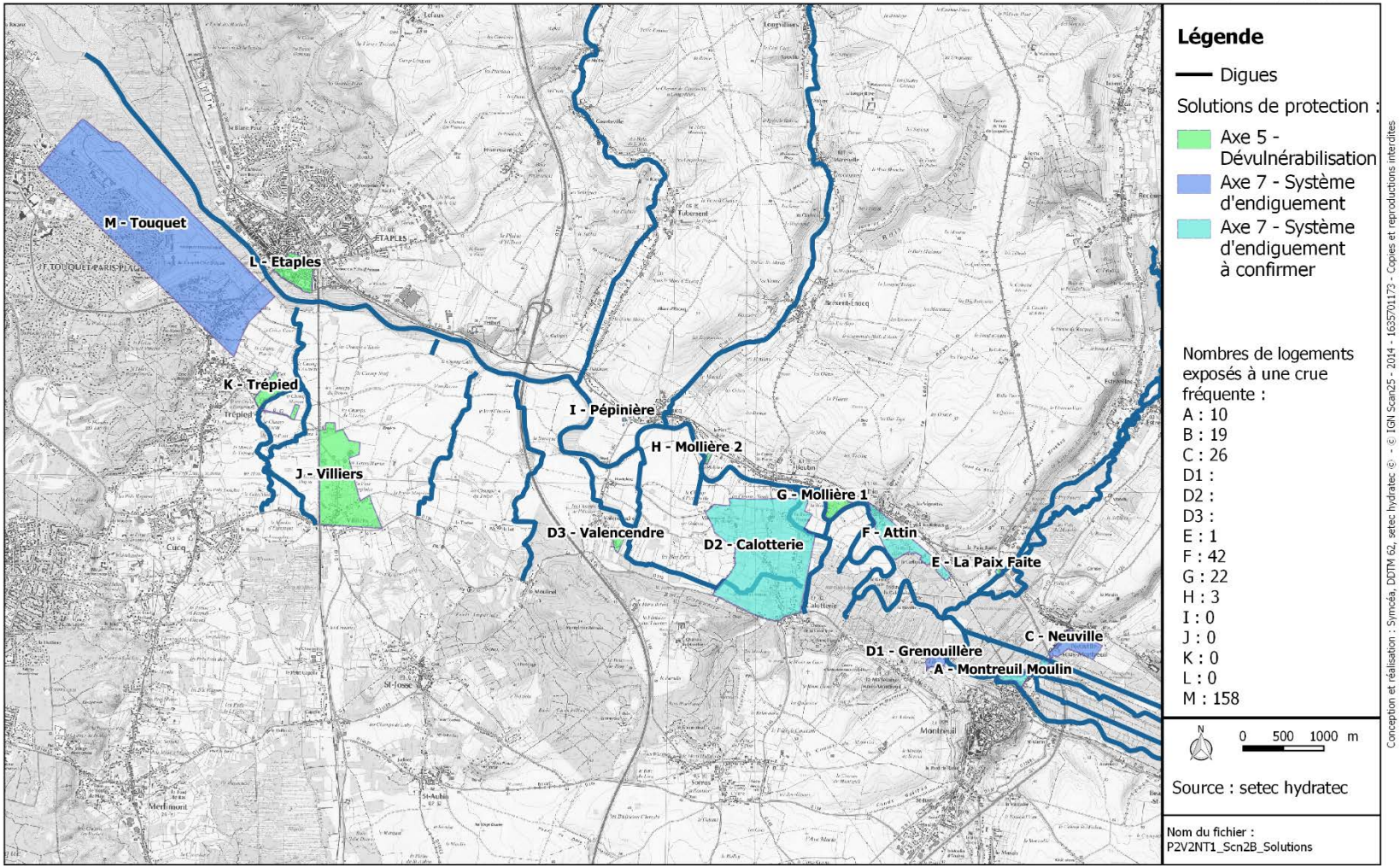
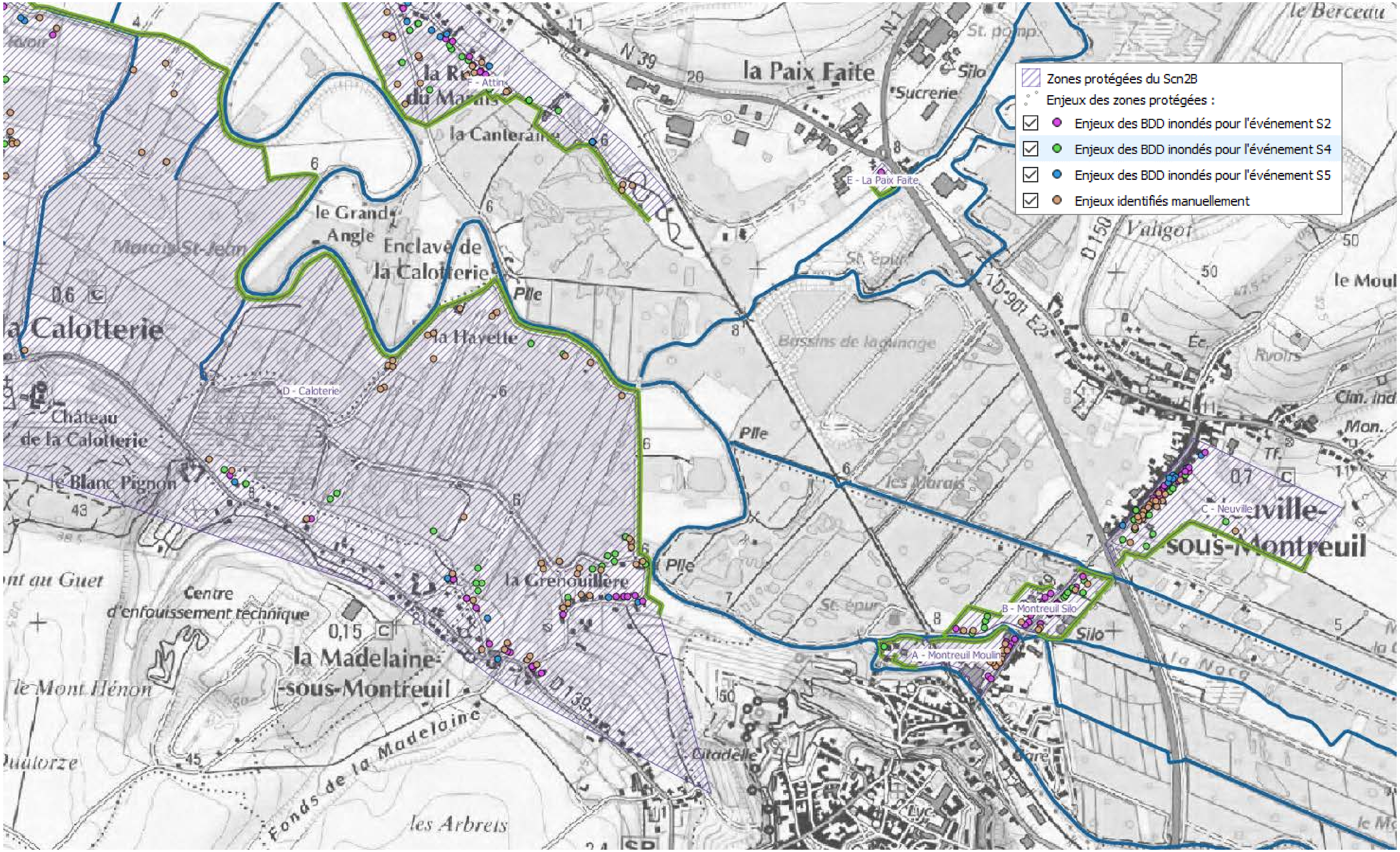


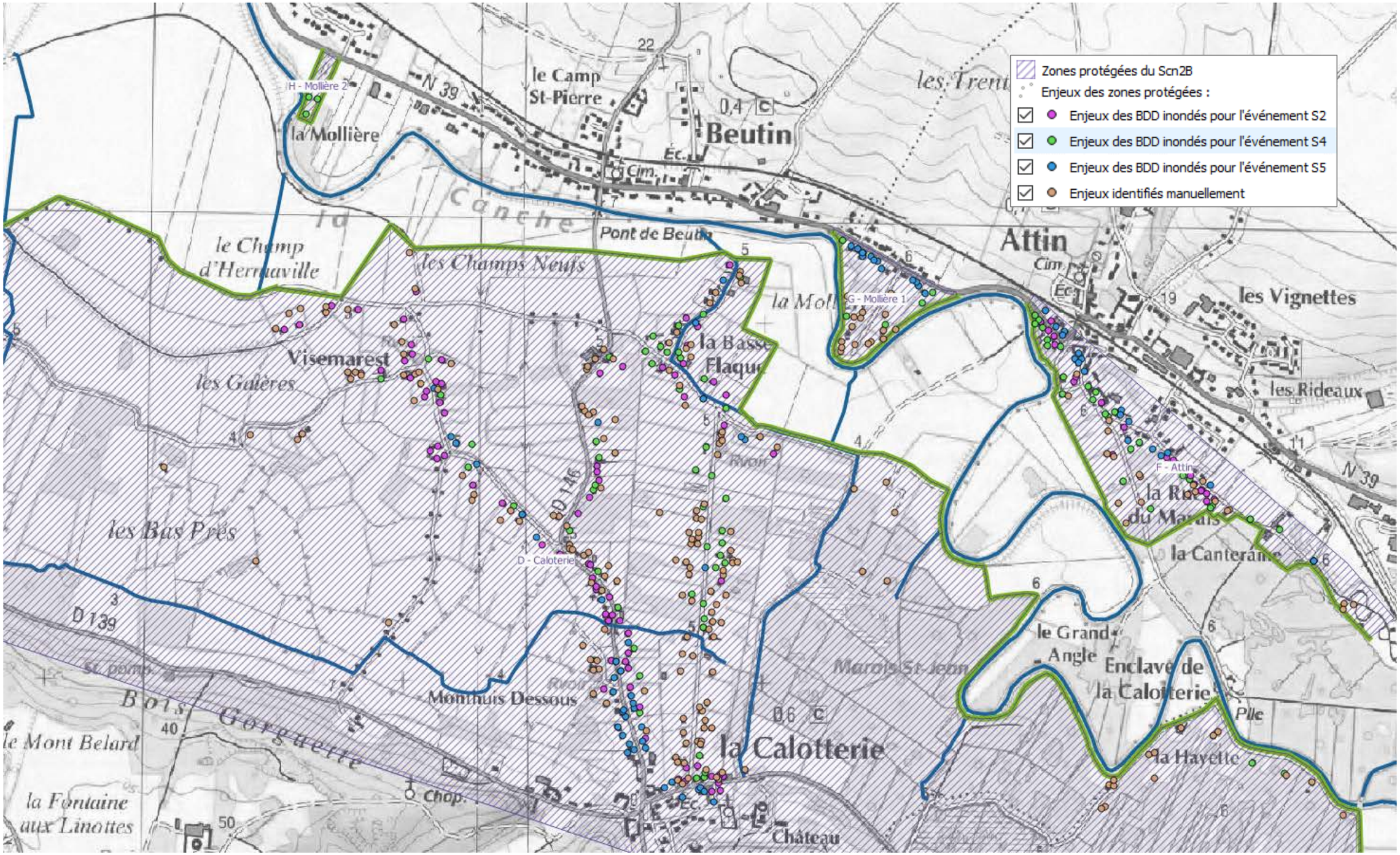
Figure 6-4 : Synthèse : Les solutions intégrables au PAPI pour chaque secteur de la Basse Vallée

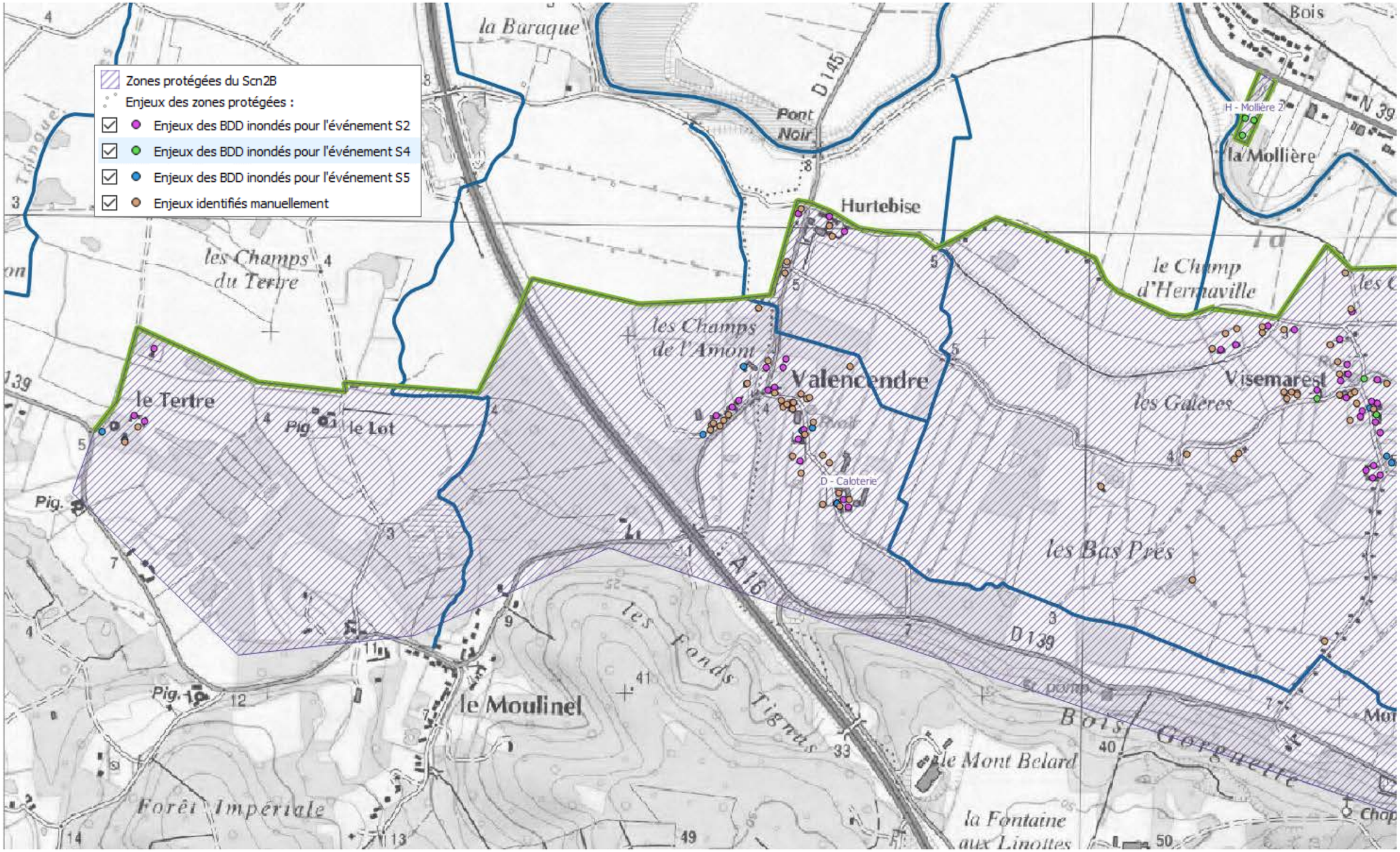
ANNEXES

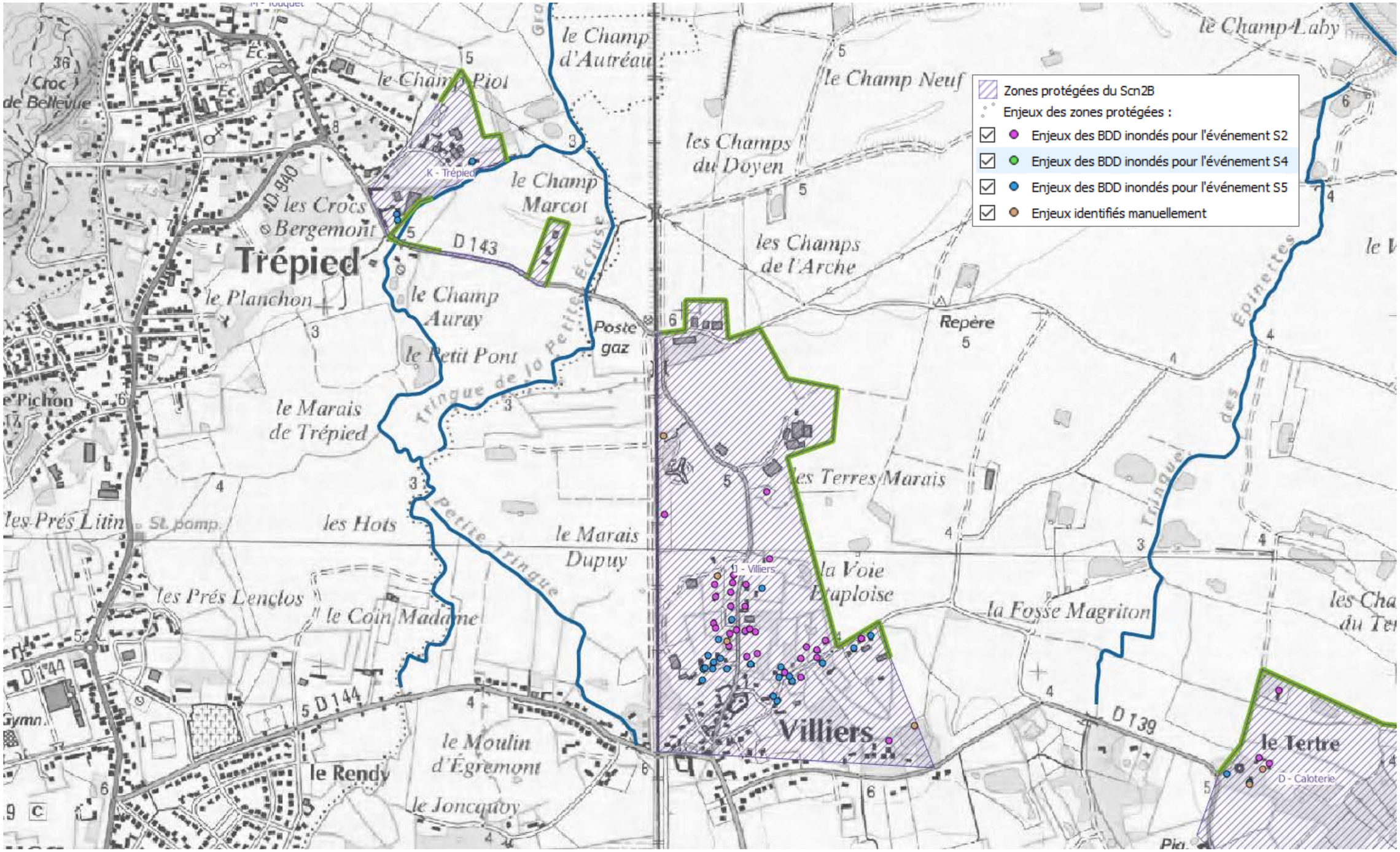
ANNEXE n°1

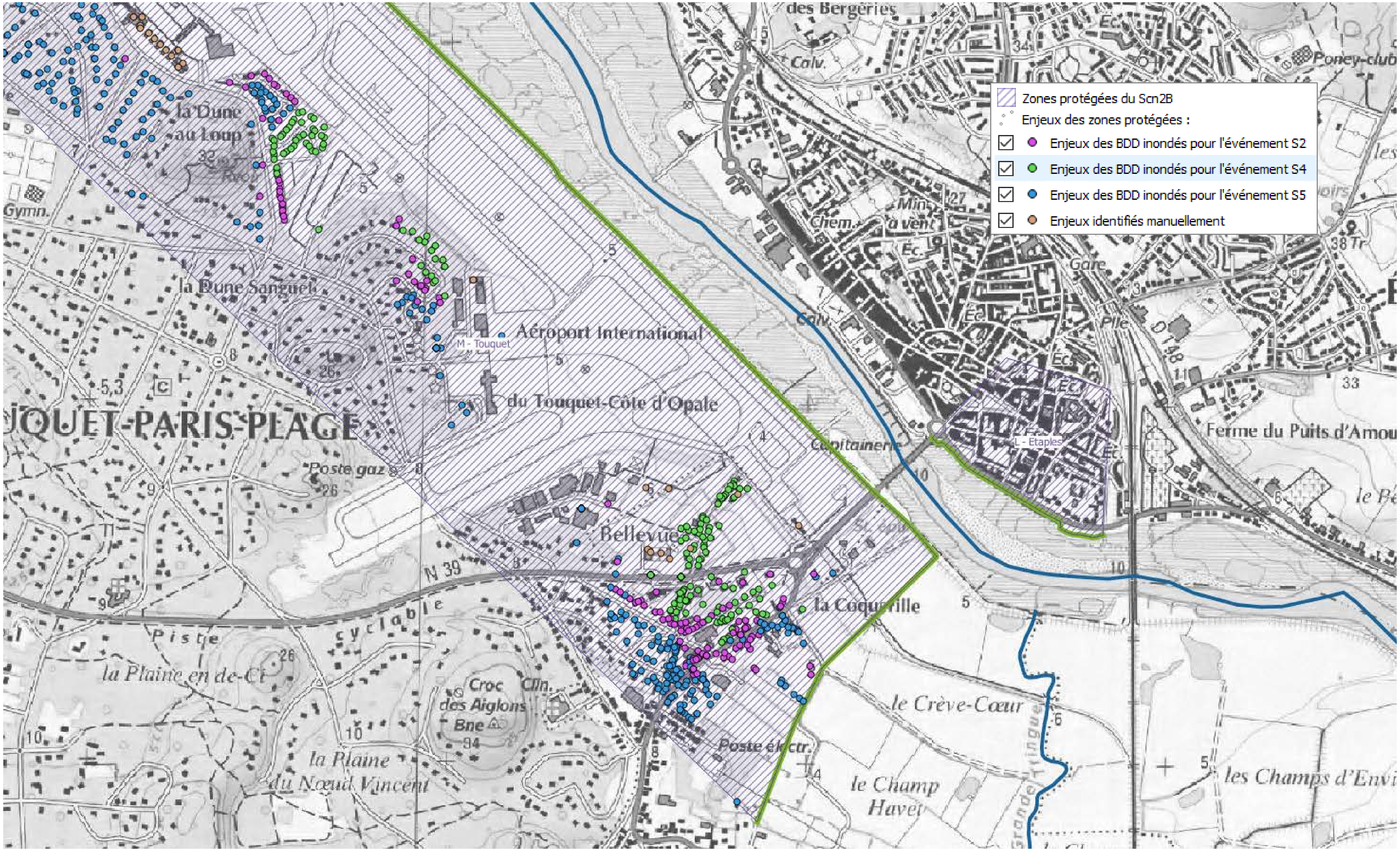
Localisation des systèmes d'endiguements du scénario 2B (et du scénario 2A)

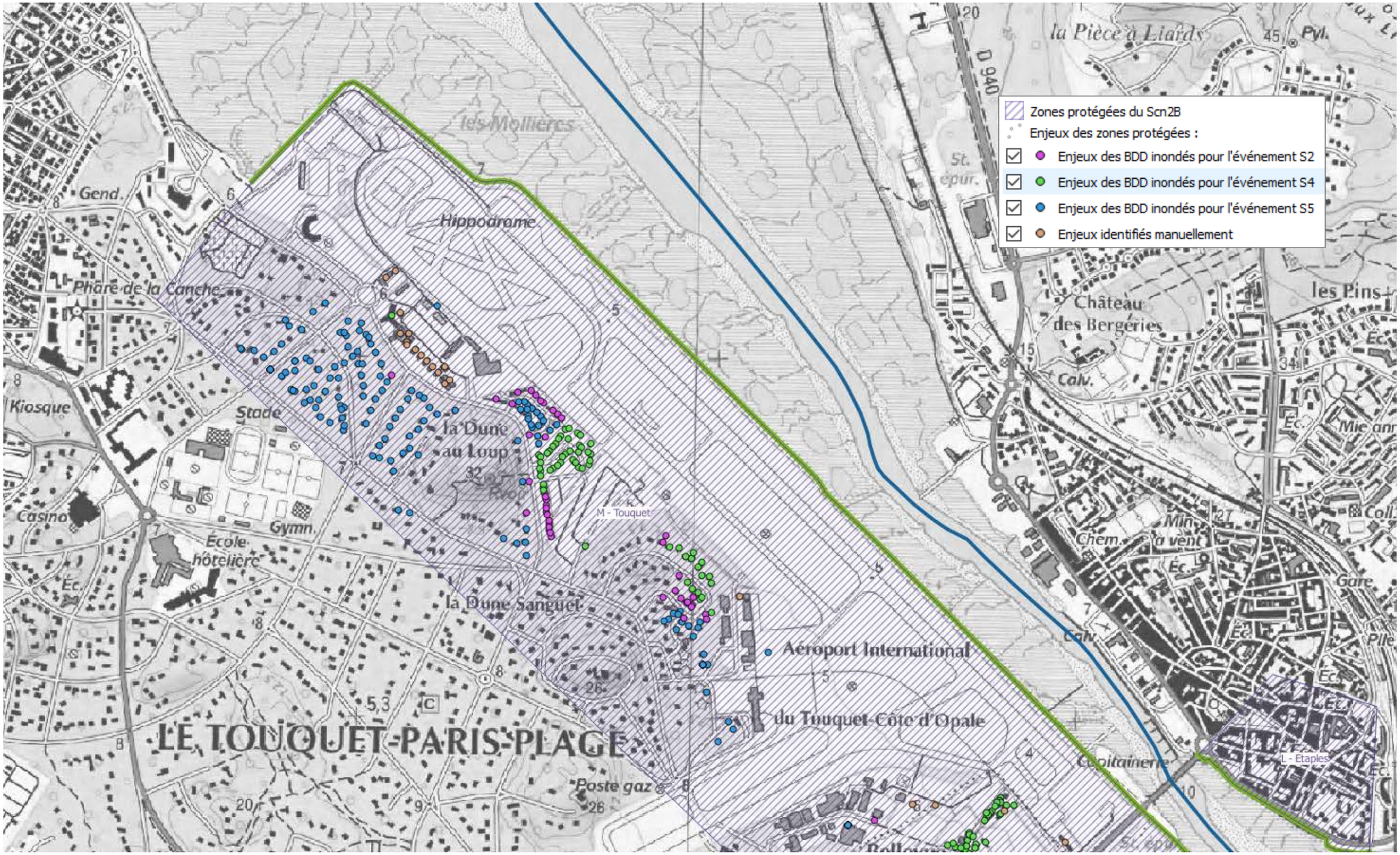

Zones protégées du Scn2B
Enjeux des zones protégées :
Enjeux des BDD inondés pour l'événement S2
Enjeux des BDD inondés pour l'événement S4
Enjeux des BDD inondés pour l'événement S5
Enjeux identifiés manuellement
F - Attin
E - La Paix Faite
D - Caloterie
C - Neuville
B - Montreuil Silo
A - Montreuil Moulin
la Paix Faite
Sucrerie
la Canteraine
le Grand Angle
Enclave de la Calotterie
la Calotterie
la Havette
Bassins de lagunage
Château de la Calotterie
le Blanc Pignon
la Grenouillère
Centre d'enfouissement technique
la Madelaine-sous-Montreuil
le Mont Hénon
Fonds de la Madelaine
les Arbrets
Citadelle
les Marais
Valigot
le Berceau


Zones protégées du Scn2B
Enjeux des zones protégées :
Enjeux des BDD inondés pour l'événement S2
Enjeux des BDD inondés pour l'événement S4
Enjeux des BDD inondés pour l'événement S5
Enjeux identifiés manuellement
le Camp St-Pierre
Beutin
la Mollière
H - Mollière 2
N 39
Pont de Beutin
Attin
les Vignettes
les Rideaux
G - Mollière 1
le Champ d'Herrtaville
les Champs Neufs
Visemarest
les Galères
la Basse Flaque
F - Attin
les Bas Près
D - Caloterie
D139
D146
Monthuis Dessous
Bois Gorguette
le Mont Belard
la Fontaine aux Linottes
la Calotterie
Marais St-Jean
le Grand Angle
Enclave de la Calotterie
la Hayette
la Canteraine
Château


Zones protégées du Scn2B
Enjeux des zones protégées :
Enjeux des BDD inondés pour l'événement S2
Enjeux des BDD inondés pour l'événement S4
Enjeux des BDD inondés pour l'événement S5
Enjeux identifiés manuellement
la Baraque
Pont Noir
D 145
Bois
H - Mollière 2
la Mollière
N 39
Hurtebise
les Champs du Tertre
le Champ d'Hermaville
les Champs de l'Amont
Valencendre
Visemarest
le Tertre
Pig.
le Lot
les Galères
D - Caloterie
les Bas Près
A16
les Fonds Tignus
D 139
le Moulinel
le Mont Belard
Bois Gorguette
Forêt Impériale
la Fontaine aux Linottes

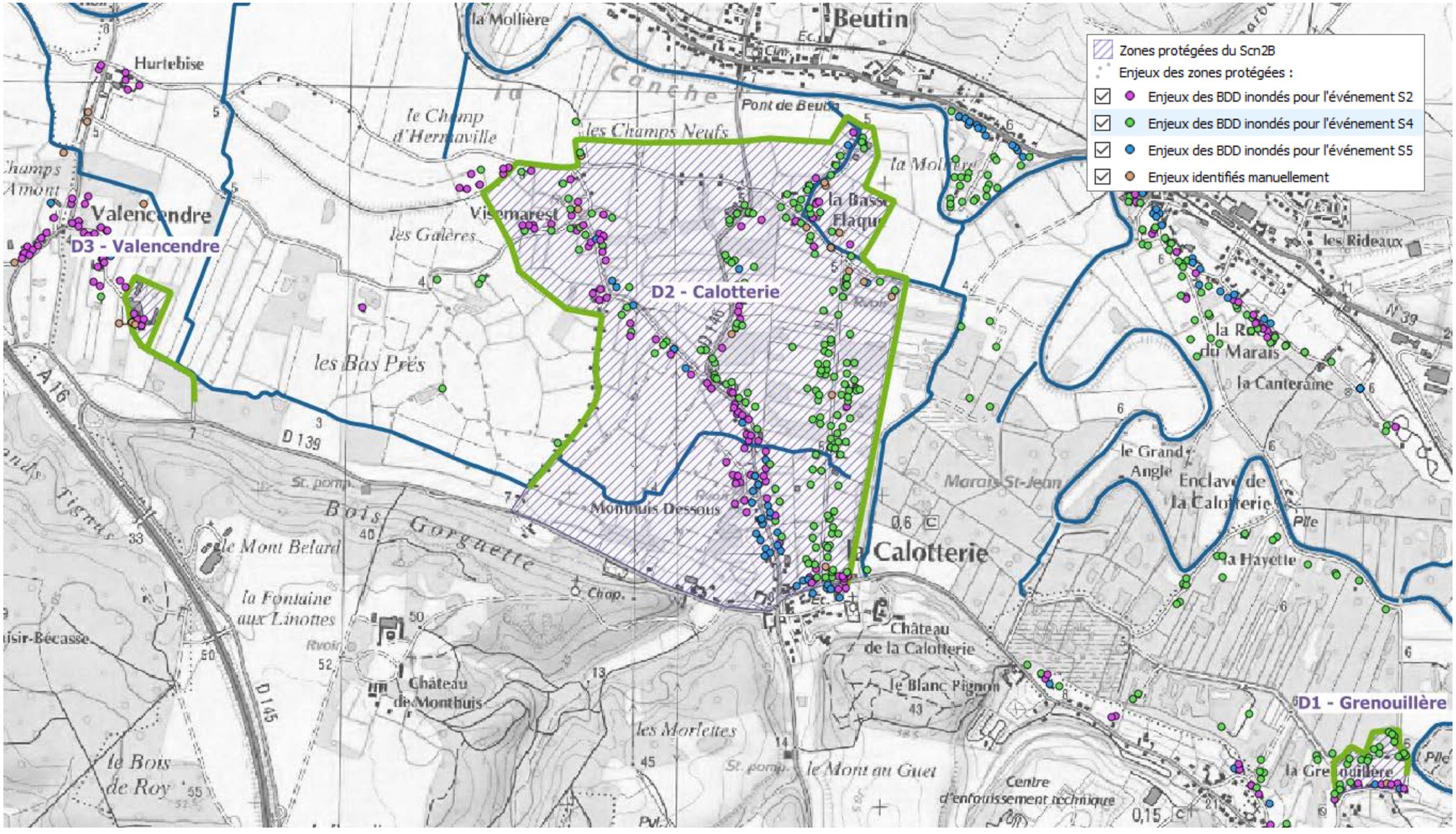

Zones protégées du Scn2B
Enjeux des zones protégées :
Enjeux des BDD inondés pour l'événement S2
Enjeux des BDD inondés pour l'événement S4
Enjeux des BDD inondés pour l'événement S5
Enjeux identifiés manuellement
Trépied
Villiers
le Champ d'Autréau
le Champ Piot
le Champ Marcot
le Champ Auray
le Champ Neuf
le Champ Laby
les Champs du Doyen
les Champs de l'Arche
les Crocs Bergemont
le Planchon
le Petit Pont
le Marais de Trépied
le Marais Dupuy
les Hots
les Prés Lenclos
le Coin Madame
les Prés Litin
le Rendy
le Moulin d'Égremont
le Joncquoy
les Terres Marais
la Voie Etaploise
la Fosse Magriton
le Tertre
Repère 5
Poste gaz
D 940
D 143
D 144
D 139
K - Trépied
D - Villiers
D - Caloterie


Zones protégées du Scn2B
Enjeux des zones protégées :
Enjeux des BDD inondés pour l'événement S2
Enjeux des BDD inondés pour l'événement S4
Enjeux des BDD inondés pour l'événement S5
Enjeux identifiés manuellement
M - Touquet
L - Etaples
Aéroport International du Touquet-Côte d'Opale
JQUET-PARIS-PLAGE
la Dune au Loup
la Dune Sanguet
Bellevue
la Coquerille
le Crève-Cœur
le Champ Havet
la Plaine du Nœud Vincent
Ferme du Puits d'Amou
Poney-club


Zones protégées du Scn2B
Enjeux des zones protégées :
Enjeux des BDD inondés pour l'événement S2
Enjeux des BDD inondés pour l'événement S4
Enjeux des BDD inondés pour l'événement S5
Enjeux identifiés manuellement
la Pièce à Liards
les Molliéres
Hippodrome
Phare de la Canche
Château des Bergéries
les Pins
Kiosque
Stade
la Dune au Loup
la Dune Sanguet
Casino
Gymn.
École hôtelière
Aéroport International du Touquet-Côte d'Opale
LE TOUQUET-PARIS-PLAGE
Poste gaz
M - Touquet
L - Etaples
Gare
Capitainerie

ANNEXE n°2

Localisation des systèmes d’endiguements D1, D2, D3


Zones protégées du Scn2B
Enjeux des zones protégées :
Enjeux des BDD inondés pour l'événement S2
Enjeux des BDD inondés pour l'événement S4
Enjeux des BDD inondés pour l'événement S5
Enjeux identifiés manuellement
D3 - Valencendre
D2 - Calotterie
D1 - Grenouillère
Beutin
Hurtebise
Valencendre
la Mollière
le Champ d'Hermaville
les Champs Neufs
Pont de Beutin
Visemarest
les Galères
les Bas Prés
Bois Gorguette
Monthuis Dessous
la Calotterie
Château de la Calotterie
le Blanc Pignon
Château de Monthuis
les Morlettes
le Mont au Guet
Centre d'enfouissement technique
le Mont Belard
la Fontaine aux Linottes
le Bois de Roy
Marais St-Jean
le Grand Angle
Enclave de la Calotterie
la Hayette
la Canteraine
les Rideaux
la Grenouillère
D 139
D 145
A 16
N 39