

Document de travail n° 6.B

Rapport - Développement durable

Analyse multicritères : application aux mesures de prévention des inondations

Guide méthodologique

Ont contribué à la rédaction de ce guide (par ordre alphabétique) :

Chloé Auffret (CETE Méditerranée)
Anne-Laurence Agenais (IRSTEA)
Nicolas Bauduceau (CEPRI)
David Bourguignon (MRN)
Pauline Brémond (IRSTEA)
Sylvain Charaud (CETE Méditerranée)
Natacha Crespin (CGDD/SEEIDD)
Gaspard Dubert (MRN)
Katrin Erdlenbruch (IRSTEA)
Frédéric Grelot (IRSTEA)
Elsa Laganier (DREAL Centre)
Céline Magnier (CGDD/SOeS)
Mathieu Métral (DREAL Rhône-Alpes)
Véronique Mignon (CEPRI)
David Moncoulon (CCR)
Christophe Moulin (CETE Méditerranée)
Roland Nussbaum (MRN)
Cédric Peinturier (CGDD/SEEIDD)
Jean-Philippe Pene (DGPR)
Pierre Philippe (EPTB Loire)
Reine Tarrit (CETE-Méditerranée)
Jean-Philippe Torterotot (IRSTEA)

Sommaire

Préambule	7
Introduction à la démarche d'analyse multicritères (AMC)	8
1. Contexte du projet	9
1.1. Objet de l'AMC présentée	9
1.2. Périmètre d'étude	9
1.3. Eléments de contexte, diagnostic de territoire	9
1.3.1. Historique : événements dommageables passés et coûts.....	9
1.3.2. Contexte local.....	10
1.3.3. Diagnostic du territoire d'étude.....	10
1.3.4. Présentation des autres risques présents sur le périmètre d'étude.....	11
1.3.5. Mesures déjà en place	11
1.4. Définition des mesures structurelles et non structurelles du programme.....	12
1.4.1. Justification et faisabilité.....	12
1.4.2. Procédures réglementaires	12
1.4.3. Contraintes et limites des mesures choisies	12
1.5. Modalités de financement des mesures et moyens.....	13
1.6. Actions d'accompagnement des mesures envisagées	13
2. Evaluation des mesures par des indicateurs	13
2.1. Mesures structurelles	13
2.1.1. Liste des indicateurs quantitatifs	13
2.1.2. Modalités de calcul et représentation cartographique des indicateurs quantitatifs.....	14
2.1.3. Représentation cartographique des enjeux	15
2.1.4. Indicateurs quantitatifs complémentaires	16
2.1.5. Indicateurs qualitatifs.....	16
2.2. Mesures non-structurelles.....	18
3. Analyse coût-bénéfice (ACB)	19
3.1. L'ACB : l'euro comme outil de comparaison	19
3.1.1. Les principes de l'ACB	19
3.1.2. La modélisation des bénéfices du projet.....	20
3.1.3. La détermination des coûts liés au projet.....	22
3.1.4. Détermination des critères d'aide à la décision.....	22
3.1.5. Analyse des résultats de l'ACB	23
3.1.6. Comment modéliser le coût d'une inondation ?	24
3.2. Les dommages au logement.....	24
3.3. Les dommages aux entreprises non agricoles	28
3.4. Les dommages à l'activité agricole	28
3.4.1. Présentation de la méthode d'évaluation des dommages agricoles.....	28
3.4.2. Dommages aux composantes élémentaires	31
3.4.3. Dommages agrégés par enjeux	44
4. Conclusion – résumé non technique	47
ANNEXES CONVENTIONNELLES	49
Bibliographie.....	50
Glossaire	52
Liste des abréviations	53
Liste des bases de données mobilisées	54
ANNEXES TECHNIQUES	55
Fiches indicateurs	57
Fiches « activités agricoles »	101
REPRESENTATIONS CARTOGRAPHIQUES DES ENJEUX DU TERRITOIRE	163

Liste des figures et des tableaux

Figure 1 : Les grands principes de l'ACB - source : CEPRI.....	19
Figure 2 : Représentation du DMA - source : CEPRI.....	21
Figure 3 : Représentation du DEMA - source : CEPRI.....	21
Figure 4 : Baisse de rendement pour le blé dur – stade semis à levée.....	103
Figure 5 : Baisse de rendement pour le blé dur - stade levée à 3 feuilles.....	104
Figure 6 : Baisse de rendement pour le blé dur - stade 4 feuilles à Tallage.....	104
Figure 7 : Baisse de rendement pour le blé dur - stade montaison.....	105
Figure 8 : Baisse de rendement pour le blé dur - stade épiaison à avant maturité.....	105
Figure 9 : Baisse de rendement pour le blé dur - stade maturité.....	106
Figure 10 : Baisse de rendement pour le colza - stade rosette.....	106
Figure 11 : Baisse de rendement pour le maïs et le tournesol - stade 2 feuilles à avant floraison.....	107
Figure 12 : Baisse de rendement pour le tournesol - stade floraison à avant maturité.....	108
Figure 13 : Baisse de rendement pour le maïs - stade floraison à avant maturité.....	108
Figure 14 : Baisse de rendement pour le tournesol - stade maturité.....	109
Figure 15 : Baisse de rendement pour le maïs - stade maturité.....	110
Figure 16 : Perte de matériel végétal due à l'asphyxie racinaire - stade repos.....	114
Figure 17 : Perte de matériel végétal due à l'asphyxie racinaire - stade 10 jours avant véraison à chute des feuilles.....	115
Figure 18 : Perte de matériel végétal due à l'asphyxie racinaire - stade débourrement à 10 jours avant véraison.....	115
Figure 19 : Dommages liés à la perte de matériel végétal comprenant les variations de produit et de consommations intermédiaires et les frais éventuels de replantation (calcul réalisé avec un taux d'actualisation de 4 %).....	118
Figure 20 : Baisse de rendement due à l'asphyxie - stade débourrement avant floraison.....	119
Figure 21 : Baisse de rendement due à l'asphyxie - stade floraison avant véraison.....	119
Figure 22 : Baisse de rendement due au développement de maladie - stade floraison à maturité.....	120
Figure 23 : Baisse de rendement – stade floraison à maturité.....	120
Figure 24 : Baisse de rendement due à l'éclatement des baies - stade véraison à maturité.....	121
Figure 25 : Baisse de rendement due à la pourriture - stade véraison à vendange.....	121
Figure 26: Baisse de rendement – Stade véraison à maturité.....	122
Figure 27 : Baisse de rendement due à l'éclatement des baies - stade vendange.....	122
Figure 28 : Baisse de rendement due à la surmaturité - stade vendange.....	123
Figure 29 : Baisse de rendement – stade vendange.....	123
Figure 30 : Perte de rendement due au dépôt de limons - stade nouaison à vendange.....	124
Figure 31 : Perte de matériel végétal pour l'asperge - phase de récolte et phase végétative.....	128
Figure 32 : Perte de matériel végétal pour l'asperge - Repos végétatif.....	129
Figure 33 : Baisse de rendement pour l'asperge - période de récolte.....	130
Figure 34 : Perte de rendement pour les cultures maraîchères annuelle - période de plantation.....	131
Figure 35 : Perte de rendement pour les cultures maraîchères annuelles (hors cultures palissées) - phase de croissance.....	131
Figure 36 : Perte de rendement pour les cultures maraîchères palissées - phase de croissance.....	132
Figure 37 : Perte de matériel végétal - pommier - repos végétatif.....	137
Figure 38 : Perte de matériel végétal - pommier - période végétative.....	138
Figure 39 : Dommages liés à la perte de matériel végétal comprenant les variations de produit et de consommations intermédiaires et les frais éventuels de replantation (calcul réalisé avec un taux d'actualisation de 4 %).....	140
Figure 40 : Baisse de rendement - pommier - stades floraison et croissance.....	141
Figure 41 : Baisse de rendement - poirier - stades floraison et croissance.....	141
Figure 42 : Baisse de rendement - pêcher ou abricotier - stades floraison ou croissance.....	142
Figure 43 : Baisse de rendement - cerisier - stades floraison ou croissance.....	142
Figure 44 : Baisse de rendement - pommier - stade maturité.....	143
Figure 45 : Baisse de rendement - poirier - stade maturité.....	143
Figure 46 : Baisse de rendement - pêcher ou abricotier - stade maturité.....	143
Figure 47 : Baisse de rendement - cerisier - stade maturité.....	144
Figure 48 : Baisse de rendement d'une prairie - stade repos.....	147
Figure 49 : Baisse de rendement d'une prairie - stade récolte.....	147

Figure 50 : Baisse de rendement d'une prairie - stade post-semis	148
Figure 51 : Baisse de rendement d'une luzernière - stade Récolte	148
Figure 52 : Baisse de rendement d'une luzernière - stade repos	149
Figure 53 : Baisse de rendement d'une luzernière - stade post-semis	149

Tableau 1 : Grille de proposition de diverses courbes de dommage du CEPRI, mai 2012	26
Tableau 2 : Composantes d'une exploitation agricole.....	29
Tableau 3 : Règles de décision fonction de la baisse de rendement.....	112
Tableau 4 : Niveaux de dégâts et travaux de remise en état correspondants.....	113
Tableau 5 : Règles de décision pour la stratégie de replantation d'une vigne.....	116
Tableau 6 : Exemple : données nécessaires au calcul des pertes de matériel végétal.....	117
Tableau 7 : Nombre de traitements nécessaires fonction des stades	125
Tableau 8 : Charges de vendange moyennes	126
Tableau 9 : Déroulement des vendanges	126
Tableau 10 : Règles de décision pour la poursuite de la culture	134
Tableau 11 : Niveaux de dégâts et travaux correspondants.....	135
Tableau 12 : Coûts de construction des abris	135
Tableau 13 : Durées seuil avant asphyxie racinaire – stade repos	136
Tableau 14 : Durées seuil avant asphyxie racinaire - période végétative.....	137
Tableau 15 : Règles de décision pour la stratégie de replantation d'un verger	138
Tableau 16 : Exemple : données pour l'évaluation des pertes au matériel végétal.....	139
Tableau 17: Règle de calcul pour le recensement du nombre d'animaux exposés et conditions générant les pertes d'animaux	161

Préambule

La décision de mettre en œuvre des mesures de prévention des inondations doit être précédée d'une évaluation des mesures projetées. Cette évaluation doit permettre d'établir la pertinence, la faisabilité, l'efficacité et l'efficience du programme de mesures. L'analyse multicritères fait partie des outils d'évaluation disponibles pour juger du bien-fondé des mesures de prévention proposées par un maître d'ouvrage. Ce dispositif d'aide à la décision, appliqué de manière systématique pour les projets importants, permet de comparer les mesures entre elles à l'échelle du territoire national et de faire un choix entre plusieurs options de mesures sur un même territoire. L'attribution éventuelle de fonds publics peut reposer ainsi sur une base méthodologique commune et objective.

Ce guide constitue une aide à l'évaluation des mesures de prévention des inondations permettant de fournir les éléments d'une analyse multicritères. Il fournit des conseils et des outils pour répondre au cahier des charges de l'analyse multicritères. Le porteur de projet peut utiliser d'autres outils pour répondre au cahier des charges de l'analyse multicritères, à condition qu'il explique et justifie sa démarche par rapport aux mesures proposées et qu'il la documente notamment par des références bibliographiques.

Le principe général qu'il convient de respecter lors de l'application de ce guide est celui de la proportionnalité : le contenu de l'évaluation demandée doit être en relation avec l'importance des enjeux exposés à l'inondation et des mesures projetées.

Ce document s'adresse aux collectivités, aux DREAL et DDT, établissements publics territoriaux de bassin et aux bureaux d'études travaillant avec les collectivités.

Cette version 0 du document constitue la production de deux groupes de travail, l'un portant sur l'analyse coût-bénéfice et l'autre sur les indicateurs qui se sont réunis entre décembre 2010 et mai 2012. Cette première version du guide a vocation à évoluer afin de développer la méthodologie d'évaluation des dommages aux entreprises non agricoles et des dommages aux infrastructures publiques.

Avertissement

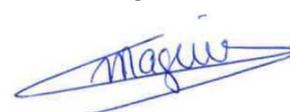
Ce guide méthodologique ne permet pas la réalisation stricto sensu d'une analyse multicritères puisqu'il ne fournit pas de méthode d'appréciation synthétique des critères entre eux. Cette étape est réalisée par l'État ou le décideur dans le cadre de l'instruction des projets qui lui sont soumis. Il propose en revanche une méthode de représentation synthétique de critères rattachés aux quatre récepteurs identifiés par la directive 2007-1960/CE du 23 octobre 2007 relative à l'évaluation et la gestion des risques d'inondations (santé humaine, environnement, patrimoine culturel et économie). L'exercice consiste ici à produire des critères quantitatifs et qualitatifs, monétaires ou non, avec et sans les mesures de prévention projetées. L'étape suivante repose sur la représentation de ces critères au moyen d'un atlas, de graphes, de tableaux de résultats par indicateurs et d'un tableau de synthèse récapitulatif des effets positifs et négatifs des mesures étudiées. Ce guide propose de plus, pour le calcul des critères monétarisés, une méthode d'élaboration d'une analyse coût-bénéfice améliorée par rapport à la méthode type de décembre 2010.

Cédric Peinturier



Chargé de mission « Économie des risques »
Sous-direction de l'économie des ressources
naturelles et des risques
CGDD/SEEIDD

Céline Magnier



Chargée de mission « Risques majeurs »
Sous-direction de l'information environnementale
CGDD/SOeS

Introduction à la démarche d'analyse multicritères (AMC)

Le présent guide vise à permettre l'évaluation des projets de prévention des inondations élaborés par tout maître d'ouvrage. L'inondation est ici définie comme une submersion temporaire par l'eau de terres qui ne sont pas submergées en temps normal. Cette notion recouvre ainsi les inondations dues aux crues des rivières, des torrents de montagne et des cours d'eau intermittents méditerranéens ainsi que les inondations dues à la mer dans les zones côtières, et les inondations par ruissellement.

L'évaluation d'un projet par l'AMC peut servir deux finalités. C'est d'abord un outil d'aide à la décision pour les maîtres d'ouvrages de politiques publiques de prévention des risques. L'AMC propose en effet une démarche qui permet de définir les questions qui se posent sur un territoire (notamment par l'évaluation des enjeux à risques) avant de mettre en comparaison les intérêts des différentes solutions techniques existantes. Un maître d'ouvrage peut donc construire sa stratégie de gestion des risques d'inondation en s'appuyant sur les résultats de l'AMC. Mais l'AMC est également un moyen de justifier, a posteriori, des choix faits et des actions proposées. Cette capacité à rendre compte de l'ensemble d'un projet, de ses aspects stratégiques à ses concrétisations pratiques, explique pourquoi le ministère chargé du Développement durable et de l'Énergie a récemment rendu obligatoire l'évaluation des projets proposés pour recevoir le label « Programme d'actions de prévention des inondations ».

Ce guide propose donc une méthodologie à travers quatre étapes :

- d'abord la présentation du territoire concerné par le projet ainsi que celle du projet en lui-même ;
- puis l'évaluation des effets du projet à travers des indicateurs quantitatifs non monétaires ou qualitatifs et la représentation des résultats obtenus ;
- la mise en œuvre d'une analyse comparée des coûts et bénéfices économiques du projet évalué ;
- et enfin, la réalisation d'une grille récapitulative des indicateurs étudiés permettant de dégager les impacts positifs et négatifs du projet ceci selon les quatre récepteurs de la directive.

1. Contexte du projet

1.1. *Objet de l'AMC présentée*

À ce stade, le porteur du projet doit présenter de manière générale son projet : sa situation (territoire et communes concernés) et les principaux objectifs du projet.

Une carte à une échelle adaptée doit permettre de visualiser l'ensemble du territoire concerné par le projet.

1.2. *Périmètre d'étude*

Le périmètre d'étude est constitué *a minima* du contour de l'ensemble des communes concernées par les différents scénarii d'inondation. Le maître d'ouvrage peut compléter l'étude sur un périmètre plus large que le périmètre d'exposition à l'aléa s'il considère que cela est pertinent, notamment pour prendre en compte les impacts indirects. Dans tous les cas, il devra justifier le périmètre d'étude choisi.

Les scénarii d'inondations sont au moins au nombre de quatre, et doivent comprendre :

- la crue ou scénario d'événements engendrant les premiers dommages ;
- la crue ou scénario d'événements de début d'impact du projet ;
- la crue ou scénario d'événements de fin d'impact du projet ;
- une crue ou scénario d'événements de période de retour probable supérieure ou égale à cent ans. Il est proposé de retenir l'aléa de référence des PPR inondation ou littoral approuvés (plus forte crue ou scénarii d'événements connus de période de retour supérieure ou égale à 100 ans).

Dans le cas où deux ou plus des scénarii demandés se confondent (par exemple un projet dont la crue de début d'impact est la même que la crue engendrant les premiers dommages), l'étude devra étudier des scénarii supplémentaires pour parvenir à quatre scénarii au moins. Ce pourra être :

- une crue ou scénario d'événements d'une probabilité assez fréquente (de période de retour inférieure à cent ans) ;
- une crue de faible probabilité ou un scénario d'événements extrêmes.

Cas particulier :

Sur un secteur d'étude étendu où le cours d'eau principal reçoit plusieurs affluents, la période de retour des crues du cours d'eau principal est susceptible de varier de l'amont vers l'aval en fonction de l'importance de la contribution de chacun des affluents et des hypothèses de concomitance des débits de pointe. Il est alors nécessaire de découper le secteur d'étude en plusieurs zones hydrologiquement homogènes (le plus souvent les tronçons du cours d'eau principal situés entre les plus « gros » affluents) Ainsi, il convient de considérer un scénario composite (utilisant les différentes fréquences de crues de ces affluents) synthétisé sur le bassin étudié.

1.3. *Éléments de contexte, diagnostic de territoire*

1.3.1. **Historique : événements dommageables passés et coûts**

Afin de répondre aux éléments demandés dans le cahier des charges, le porteur de projet pourra utilement se reporter aux sources d'information suivantes :

- liste des arrêtés de reconnaissance de catastrophes naturelles, disponible en ligne sur le site du MEDDE : <http://macommune.prim.net/gaspar/> : base de données Gaspar ;
- caractéristiques des crues passées : données disponibles auprès des DDT(M), DREAL, BDHI (à venir) : base de données historiques sur les inondations, en cours de développement à la DGPR.

Concernant les coûts des événements passés, la caisse centrale de réassurance (CCR), qui recense les coûts de certains événements :

- base de données e-risk : <http://erisk.ccr.fr/faces/erisk-accueil.jsp>.

1.3.2. Contexte local

Plusieurs types d'informations peuvent aider à comprendre le contexte local et à donner du sens aux mesures proposées.

Pour le contexte économique, les informations suivantes sont utiles :

- évolution du nombre d'emplois par secteur d'activité en zone inondable (base de données Sirene et estimation pour les entreprises de moins de 10 salariés et le secteur public : www.sirene.fr) ;
- capacités des communes en hébergement touristique (données Insee et Direction du tourisme de 2002 à 2011 disponibles en ligne : http://www.insee.fr/fr/themes/detail.asp?ref_id=tourisme®_id=99), comprenant les hôtels et nombre de chambres, les campings et le nombre d'emplacement, les résidences secondaires et les logements occasionnels. Ces données sont issues de deux enquêtes tourisme réalisées par l'Insee en partenariat avec la Direction générale de la compétitivité, de l'industrie et des services du secrétariat d'État chargé du Commerce, de l'Artisanat, des Petites et moyennes entreprises, du Tourisme, des Services, des Professions libérales et de la Consommation ;
- nombre d'établissements actifs, part de l'agriculture (en %), part de l'industrie (en %), part de la construction (en %), part du commerce, transports et services divers (en %) ¹.

Pour le contexte social, les informations suivantes sont notamment utiles :

- population et densité de population ;
- pyramide des âges de la population ou âge moyen de la population de la zone d'étude ;
- taux de chômage de la population de la zone d'étude ;
- revenu net déclaré moyen par foyer fiscal de la zone d'étude ;
- foyers fiscaux imposables en % de l'ensemble des foyers fiscaux de la zone d'étude.

Ces données issues du recensement de population Insee et de la DGFIP (impôts sur le revenu) sont disponibles à la commune, sur le site de l'Insee dans la partie Bases de données/Données locales/Chiffres clés sur un territoire : <http://www.insee.fr/fr/bases-de-donnees/default.asp?page=statistiques-locales.htm>

Pour évaluer les populations saisonnières, les informations suivantes sont utiles, en complément de la capacité d'accueil des campings et centre d'hébergement pour les vacances :

- nombre de résidences secondaires (dans le même fichier que les capacités touristiques d'accueil) ;
- emplois dans les activités saisonnières de type vendanges, chantiers de longue durée, etc. ;
- soldes migratoires.

1.3.3. Diagnostic du territoire d'étude

L'analyse des enjeux sur le territoire doit aider à la constitution du diagnostic de territoire. Ces enjeux concernent :

- la santé humaine : établissements de gestion de crise, établissements de santé, bâtiments hébergeant une population sensible, écoles et crèches, campings, captages en eau potable, logements ;
- les enjeux environnementaux : Znieff de type 1 et 2, zones Ramsar, parc naturel régional, décharges et zones de traitement de déchets, station d'épuration, IPCC, sites Seveso ;
- le patrimoine culturel : musées, édifices religieux, édifices remarquables, (châteaux, donjons...) ;
- les enjeux économiques : entreprises, zones d'activité, bâtiments industriels, agricoles ou commerciaux, logements, réseaux de communications (autoroutes, routes nationales, routes départementales, voies ferrées), gares.

Ces enjeux sont bien sûr à relier aux indicateurs définis dans le cahier des charges. En particulier, le calcul des indicateurs dans l'état initial (sans aménagement, pour un scénario d'inondation moyen, de période de retour supérieure ou égale à 100 ans) peut apporter des informations complémentaires pour le diagnostic du territoire. Les indicateurs sont les suivants :

¹ Ces données, issues de la base de données Clap (connaissance locale de l'appareil productif), sont disponibles à la commune, sur le site de l'Insee dans la partie Bases de données/Données locales : <http://www.insee.fr/fr/bases-de-donnees/default.asp?page=statistiques-locales.htm>

1	Nombre de personnes habitant en zone inondable + part communale.
2	Part des personnes habitant dans des logements de plain-pied en zone inondable par commune.
3	Alimentation en eau potable : nombre de personnes desservies par des captages situés en zone inondable.
4	Capacités d'accueil des campings et centres d'hébergement vacances en zone inondable.
5	Capacité d'accueil des bâtiments hébergeant une population sensible ² en zone inondable.
6	Capacité d'accueil des établissements de santé en zone inondable.
7	Part de bâtiments participant directement à la gestion de crise ³ hors et en zone inondable.
8	Capacités d'hébergement communales hors ZI en cas de nécessité d'évacuation.
9	Stations de traitement des eaux usées en zone inondable : charge journalière entrante en moyenne annuelle.
10	Déchets : Capacités de traitement et de stockage en zone inondable.
11	Espaces naturels protégés : superficie d'espaces protégés en zone inondable.
12	Nombre de sites dangereux en zone inondable.
13	Nombre annuel de visiteurs dans les musées situés en zone inondable.
14	Nombre de bâtiments patrimoniaux et surface de sites remarquables en zone inondable.
15	Surface totale des bâtiments d'activité et de logements en zone inondable.
16	Trafic journalier des réseaux de transport en zone inondable.
17	Nombre de postes « énergie et télécommunication » en zone inondable.
18	Part d'entreprises aidant à la reconstruction après une inondation dans les communes exposées.
19	Nombre de personnes travaillant en zone inondable.
20	Surfaces agricoles situées en zone inondable.

Les modalités de calcul de ces indicateurs (description, portée, limites, périmètre de calcul, données à utiliser, méthode de calcul) sont décrites dans les fiches indicateurs figurant dans les annexes techniques du présent document.

1.3.4. Présentation des autres risques présents sur le périmètre d'étude

D'autres risques, **naturels ou technologiques**, peuvent être présents sur le périmètre d'étude. Afin d'identifier les interactions possibles entre ces risques, le porteur de projet doit en établir une liste, puis représenter sur une même carte les différents aléas superposés.

Pour établir une première liste des risques présents, le dossier départemental des risques majeurs (DDRM) fournit par commune, le type de risques présents. Les aléas sont généralement disponibles sur les sites internet des DDT(M), préfectures et DREAL.

1.3.5. Mesures déjà en place

La présentation du contexte local doit être complétée d'une présentation des **outils de prévention** déjà en place. Ces informations sont disponibles dans les dossiers départementaux des risques majeurs (DDRM), PPRI, plans communaux de sauvegarde (PCS), plans de secours spécialisés inondations (PSSI). Des données sont également disponibles auprès des préfectures, des EPTB, des DDT(M) et des DREAL.

Le porteur de projet doit pouvoir expliquer comment les mesures proposées complètent et sont en cohérence avec les mesures existantes.

² Population sensible : crèche, halte-garderie, école, collèges, lycées, hôpitaux, foyers de personnes en difficulté, maisons de retraite, Mapad, prisons, tribunaux d'assise.

³ Bâtiments participant à la gestion de crise : centres SDIS, gendarmeries, casernes militaires, préfectures (ou PC prévu au plan Orsec), mairies (ou PC prévu au PCS), services techniques des mairies, centres routiers DIR, commissariats, polices municipales.

1.4. Définition des mesures structurelles et non structurelles du programme

L'objectif de cette partie de l'analyse multicritères est d'avoir une première vision synthétique des mesures structurelles et non structurelles projetées, ainsi que les objectifs attendus de ces mesures.

1.4.1. Justification et faisabilité

La justification des mesures choisies doit s'appuyer sur la liste des mesures déjà mises en place et sur la démonstration qu'elles doivent être complétées. Les causes et conséquences des événements passés pourront aider à cette justification. Les différentes **alternatives** de mesures devront être présentées et les mesures non retenues justifiées, par un moyen d'évaluation qui pourra être une analyse multicritères, notamment dans le cas d'un projet avec plusieurs options de mesures.

Le porteur de projet doit présenter un **calendrier prévisionnel** de mise en place des mesures. Ce calendrier devra prendre en compte :

- les délais dus aux procédures réglementaires ;
- les délais d'appel d'offres le cas échéant ;
- les durées de travaux ;
- les délais de mise en service.

1.4.2. Procédures réglementaires

Les différentes **procédures réglementaires** liées aux mesures devront être citées. Le porteur du projet devra démontrer que les mesures qu'il propose sont compatibles avec la directive 2000/60/CE du 23 octobre 2000 (directive-cadre Eau), notamment que l'article suivant du code de l'environnement est respecté, en indiquant les incidences des mesures projetées sur la gestion de l'eau et sur les objectifs de qualité :

Article L211-1 II du code de l'environnement. - *La gestion équilibrée doit permettre en priorité de satisfaire les exigences de la santé, de la salubrité publique, de la sécurité civile et de l'alimentation en eau potable de la population. Elle doit également permettre de satisfaire ou concilier, lors des différents usages, activités ou travaux, les exigences :*

1. *De la vie biologique du milieu récepteur, et spécialement de la faune piscicole et conchylicole ;*
2. *De la conservation et du libre écoulement des eaux et de la protection contre les inondations ;*
3. *De l'agriculture, des pêches et des cultures marines, de la pêche en eau douce, de l'industrie, de la production d'énergie, en particulier pour assurer la sécurité du système électrique, des transports, du tourisme, de la protection des sites, des loisirs et des sports nautiques ainsi que de toutes autres activités humaines légalement exercées.*

1.4.3. Contraintes et limites des mesures choisies

Les limites des mesures, quelles soient d'ordre technique ou organisationnel doivent être étudiées, afin que l'État puisse en apprécier l'**efficacité** ainsi que l'**efficience**. Pour cela, le porteur de projet utilisera les caractéristiques techniques des mesures structurelles et recherchera les **défaillances possibles** de ces mesures. Il indiquera les actions mises en place afin de réduire ces défaillances. De même, les caractéristiques techniques et organisationnelles des mesures non structurelles doivent permettre d'en exposer les limites et les contraintes et d'en déduire d'éventuelles actions à mettre en place pour réduire ces inconvénients.

La maintenance des mesures proposées doit être précisément étudiée.

1.5. Modalités de financement des mesures et moyens

Pour chaque mesure, le porteur du projet doit décrire les sources de financement et le maître d'ouvrage. Le coût du programme doit inclure la maîtrise d'œuvre, le foncier, les coûts d'investissement et de fonctionnement, l'entretien des ouvrages.

Pour chaque mesure, le porteur de projet doit définir la fréquence de maintenance, le coût des interventions de maintenance, le personnel (nombre, compétences techniques, durée d'intervention) nécessaire à cette maintenance et l'organisation mise en place pour l'effectuer.

1.6. Actions d'accompagnement des mesures envisagées

Dans le cas de mise en place d'ouvrages de protection hydraulique, le porteur de projet devra obligatoirement prévoir des actions permettant de conserver la **mémoire du risque**. Ces actions devront concerner la majorité des personnes habitant et travaillant dans la zone pouvant être inondée en cas de rupture des ouvrages de protection.

Les actions d'accompagnement doivent être précisément décrites et associées au type de public visé. Les mesures devront être adaptées au **contexte socio-économique** du territoire concerné par les mesures.

2. Évaluation des mesures par des indicateurs

2.1. Mesures structurelles

2.1.1. Liste des indicateurs quantitatifs

Pour évaluer les mesures choisies, **vingt indicateurs** ont été retenus dans le cahier des charges de l'analyse multicritères. Ces indicateurs doivent être calculés d'une part pour chaque scénario sans les mesures et d'autre part avec les mesures, afin d'en connaître les effets. Classés selon les types de conséquences de la directive Inondation, les indicateurs à étudier sont les suivants :

Type de conséquence	Indicateurs
Santé humaine	<p>Nombre de personnes habitant en zone inondable + part communale.</p> <p>Part des personnes habitant dans des logements de plain-pied en zone inondable par commune.</p> <p>Alimentation en eau potable : nombre de personnes desservies par des captages situés en zone inondable.</p> <p>Capacités d'accueil des campings et centres d'hébergement vacances en zone inondable.</p> <p>Capacité d'accueil des bâtiments hébergeant une population sensible⁴ en zone inondable.</p> <p>Capacité d'accueil des établissements de santé en zone inondable.</p> <p>Part de bâtiments participant directement à la gestion de crise⁵ hors et en zone inondable.</p> <p>Capacités d'hébergement communales hors ZI en cas de nécessité d'évacuation.</p>
Environnement	<p>Stations de traitement des eaux usées en zone inondable : charge journalière entrante en moyenne annuelle.</p> <p>Déchets : Capacités de traitement et de stockage en zone inondable.</p> <p>Espaces naturels protégés : superficie d'espaces protégés en zone inondable.</p> <p>Nombre de sites dangereux en zone inondable.</p>
Patrimoine culturel	<p>Nombre annuel de visiteurs dans les musées situés en zone inondable.</p> <p>Nombre de bâtiments patrimoniaux et surface de sites remarquables en zone inondable.</p>
Économie	<p>Surface totale des bâtiments d'activité et de logements en zone inondable.</p> <p>Trafic journalier des réseaux de transport en zone inondable.</p> <p>Nombre de postes « énergie et télécommunication » en zone inondable.</p> <p>Part d'entreprises aidant à la reconstruction après une inondation dans les communes exposées.</p> <p>Nombre de personnes travaillant en zone inondable.</p> <p>Surfaces agricoles situées en zone inondable.</p>

2.1.2. Modalités de calcul et représentation cartographique des indicateurs quantitatifs

Pour chaque scénario d'événement retenu, les indicateurs seront ventilés selon deux classes de hauteur d'eau : $H < 1\text{m}$ et $H > 1\text{m}$.

De manière générale, il convient de vérifier que les données disponibles dans les bases consultées sont bien à jour. Lorsque cela est possible, une enquête de terrain permet de valider ces données et de les compléter.

Dans les annexes techniques, chaque indicateur fait l'objet d'une **fiche méthode** précisant ses modalités de calcul et de représentation cartographique. L'exemple de représentation cartographique présenté pour chaque fiche indicateur a été réalisé sur un cas fictif. Il est vivement recommandé d'utiliser la sémiologie proposée.

Note : Pour chacune des cartes réalisées, ne pas oublier de mentionner les sources de données, le nord et l'échelle.

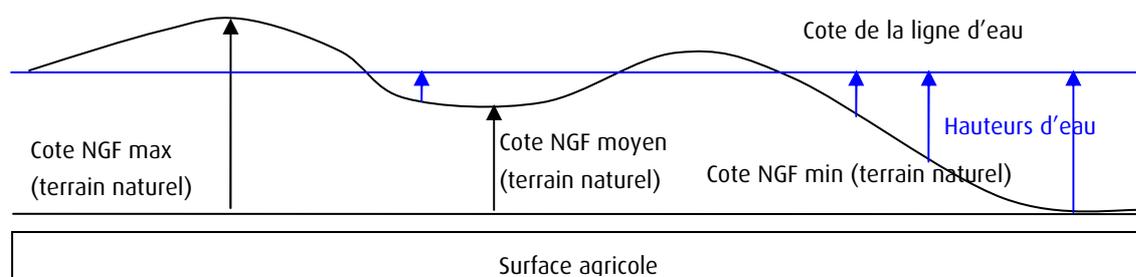
⁴ Population sensible : crèche, halte-garderie, école, collèges, lycées, hôpitaux, foyers de personnes en difficulté, maisons de retraite, Mapad, prisons, tribunaux d'assise.

⁵ Bâtiments participant à la gestion de crise : centres SDIS, gendarmeries, casernes militaires, préfectures (ou PC prévu au plan Orsec), mairies (ou PC prévu au PCS), Services techniques des mairies, centres routiers DIR, commissariats, polices municipales.

Chaque fiche précise également si l'indicateur est utile pour la partie « Analyse coût-bénéfice ».

Cas particulier des enjeux de surface importante :

Pour les enjeux de surface importante (agriculture par exemple), la hauteur d'eau calculée par comparaison entre la cote de la ligne d'eau et la cote du terrain naturel peut présenter de fortes variations selon le point considéré (cf. schéma ci-dessous). Le phénomène est accentué lorsque l'enjeu se trouve à cheval sur plusieurs casiers hydrauliques. La hauteur d'eau moyenne sur l'emprise de l'enjeu considéré n'est alors plus nécessairement une bonne approximation. Il peut donc devenir nécessaire de redécouper artificiellement l'enjeu selon les différents casiers hydrauliques et selon les différentes enveloppes de d'inondations considérées.



2.1.3. Représentation cartographique des enjeux

La situation géographique et la densité des enjeux exposés sur un territoire sont des informations qui ne peuvent pas être présentées au moyen des indicateurs. C'est pourquoi il est demandé de réaliser, indépendamment des indicateurs, des cartographies d'enjeux.

Quatre cartes sont à produire :

- une **carte des enjeux dits de santé humaine** : logements, captages en eau potable, établissements de santé, établissements hébergeant des populations sensibles⁶, bâtiments participants à la gestion de crise⁷, campings.
- une **carte des enjeux environnementaux** : espaces naturels protégés (voir indicateur 11), stations d'épurations, installations de traitement des déchets, sites dangereux (voir indicateur 12).
- une **carte du patrimoine culturel** : musées, bâtiments patrimoniaux, surfaces de sites remarquables (voir indicateur 14).
- une **carte des enjeux économiques** : bâtiments d'activité, industriels et commerciaux, entreprises, zones d'activité, bâtiments agricoles, gares, réseaux principaux (autoroutes, routes nationales, départementales, voies ferrées).

Ces enjeux doivent être présentés pour un scénario d'inondation moyen (scénario d'événements de période de retour supérieure ou égale à 100 ans), avec et sans aménagement, afin de montrer l'effet des mesures.

La sémiologie est imposée, afin que les projets puissent être comparés d'un territoire à l'autre, au niveau national. Ainsi, la cartographie des enjeux doit être présentée sur un format A3, dans une échelle suffisamment lisible, sur un fond IGN SCAN 25, avec représentation des contours des communes.

Un exemple de représentation de ces quatre cartes d'enjeux est présenté en annexe (« Représentations cartographiques des enjeux du territoire »).

Les cartes produites doivent faire l'objet d'une analyse et de commentaires permettant de fournir des éléments d'aide à la décision.

⁶ Population sensible : crèche, halte-garderie, école, collèges, lycées, hôpitaux, foyers de personnes en difficulté, maisons de retraite, Mapad, prisons, tribunaux d'assise.

⁷ Bâtiments participant à la gestion de crise : centres SDIS, gendarmeries, casernes militaires, préfectures (ou PC prévu au plan Orsec), mairies (ou PC prévu au PCS), services techniques des mairies, centres routiers DIR, commissariats, polices municipales.

2.1.4. Indicateurs quantitatifs complémentaires

Les indicateurs d'évaluation des mesures cités dans le cahier des charges peuvent utilement être complétés par des indicateurs pertinents vis-à-vis du contexte local ou des mesures proposées. À titre d'exemple, les indicateurs suivants pourront être calculés en complément des indicateurs principaux du cahier des charges :

Indicateurs	Base de données à utiliser	Modalités de calcul	Remarques
Part des emplois exposés du secteur-clé	Base Sirene (Insee) RGP 1999 (Insee)	<p><u>1. Détermination d'une typologie de secteurs d'activité :</u> découpage par fonction (Fouchier, Garreau et Halbert, Datar 2004), découpage de l'agence d'urbanisme de Tours (7 secteurs d'activité) ou identifier les employeurs principaux du territoire.</p> <p><u>2. Choix du territoire d'étude :</u> Il peut être défini par les limites d'une commune ou d'un regroupement de communes.</p> <p><u>3. Recueil des données à l'échelle du territoire d'étude et celui de référence :</u> À partir de la base Sirene et du RGP 1999 de l'Insee.</p> <p><u>4. Sélection des secteurs-clés :</u> Retenir les deux secteurs regroupant le plus grand nombre d'emploi.</p> <p><u>5. Calcul de l'indicateur :</u> L'indicateur est le résultat en pourcentage du nombre d'emplois exposés du secteur-clé sur la totalité des emplois de ce secteur-clé présents dans le territoire d'étude.</p>	Cet indicateur vise à mettre en évidence le degré d'exposition des activités économiques prépondérantes du territoire.

2.1.5. Indicateurs qualitatifs

Les effets induits sur les quatre types de récepteurs – santé, environnement, patrimoine culturel, économie – doivent faire l'objet d'une analyse qualitative particulière, en complément des indicateurs purement quantitatifs.

Rappel : le contenu des analyses demandées doit être en relation avec les enjeux environnementaux et socio-économiques propres au site étudié, la taille et la nature de du projet.

Aspect qualitatif à développer	Données et informations à mobiliser. Analyse attendue
Effets induits sur les bâtiments participant à la gestion de crise situés en zone inondable.	Niveau d'importance des bâtiments participant à la gestion de crise, non soustraits à la crue : fonction de l'instance concernée dans l'organisation avant, pendant et après inondation.
Données qualitatives sur les captages en eau potable	Préciser si parmi les captages situés en zone inondable, certains figurent dans la liste des 500 captages « prioritaires Grenelle ». Voir liste sur http://www.developpement-durable.gouv.fr/La-preservation-de-la-ressource-en.html À titre qualitatif, il est intéressant d'identifier si ces captages peuvent être relayés par d'autres captages hors zone inondable (réseaux maillés) Une des mesures évaluées peut justement être le maillage du réseau de production d'eau potable (réduction de vulnérabilité)
Effets induits sur la population et les captages d'eau potable par la présence de sites dangereux en zone inondable.	À partir de l'emplacement et des périmètres de protection des captages, disponibles auprès des agences de l'eau, mener une analyse de l'incidence de sites dangereux à proximité des périmètres de protection.

<p>Effets induits par les mesures : de manière directe sur les espaces naturels protégés (par exemple en cas d'emprise de mesures sur ce type d'espaces), de manière indirecte sur les espaces naturels protégés par la présence de STEU (indicateur 9) ou d'installations industrielles (indicateur 12) pouvant générer une pollution (en cas de surinondation).</p>	<p>L'analyse demandée doit comporter une étude d'impact, par type d'espace ou d'inventaire, de la modification des niveaux d'eau, des vitesses de courant, des durées et des fréquences d'inondation pouvant conduire par exemple à l'assèchement de zones humides. Les données sur les espaces naturels protégés sont celles décrites dans la fiche indicateur 11. Pour l'impact des STEU et des installations industrielles sur l'environnement, croiser la représentation ponctuelle des STEU avec les enjeux environnementaux situés à l'aval de celles-ci.</p>
<p>Effets induits par les mesures sur la présence de canalisations de transport d'hydrocarbures ou de produits dangereux en Z.I</p>	<p>Les cartes représentant ces canalisations sont disponibles auprès des DREAL. Les chantiers réalisés à proximité de canalisations de matières dangereuses représentent la principale cause d'accident sur ces ouvrages, c'est pourquoi ils doivent faire l'objet d'une déclaration d'intention de commencement des travaux. En cas de présence de canalisation de transport de matières dangereuses dans le périmètre d'étude, le porteur de projet devra réaliser une analyse d'incidence : des travaux projetés sur la ou les canalisations (phase chantier), de l'assèchement ou de la surinondation (notamment en cas de rupture d'un ouvrage de protection) provoqués par les mesures projetées sur la tenue des canalisations. L'analyse devra conclure sur les précautions et les mesures à prendre en fonction de l'impact du projet sur ce type de canalisation.</p>
<p>Linéaire de berges impacté par les ouvrages projetés : impact sur les espaces naturels protégés.</p>	<p>L'analyse doit préciser l'incidence qu'a le projet sur les zones recensées dans la fiche indicateur 11.</p>
<p>Importance particulière de certains musées et bâtiments patrimoniaux.</p>	<p>Au-delà de l'indicateur du nombre de visiteurs annuel, présenter les musées et bâtiments patrimoniaux : quelle est leur importance (locale, régionale, nationale) ? pourquoi ?</p>
<p>Impact sur le paysage et sur le changement d'occupation du sol</p>	<p>L'étude d'impact demandée doit se baser sur l'article R122-3 du code de l'Environnement. Il s'agit d'étudier l'incidence du projet sur le paysage et sur l'occupation du sol, en utilisant les données des indicateurs 14, 20 et les données issues de CORINE Land Cover.</p>
<p>Impact du dysfonctionnement des réseaux sur l'économie locale.</p>	<p>Les différents réseaux touchés par l'inondation sont susceptibles d'exporter les conséquences de l'inondation au-delà de la zone inondable (interruption de service). Ce phénomène peut notamment être amplifié par les interdépendances entre les différents réseaux (effets domino) et les phénomènes de saturation des flux en période de crise. En sens inverse, le maillage de certain réseau peut permettre d'atténuer l'effet de propagation des dysfonctionnements en dehors de la zone inondée. Il s'agit donc ici d'estimer et de préciser dans quelles mesures ces mécanismes participent à la perturbation de l'économie locale ou à une échelle supérieure</p>
<p>Transfert d'économie locale : si malgré les mesures proposées, certaines activités économiques stratégiques, peu représentées hors zone inondable, sont maintenues en zone inondable, une analyse particulière des incidences économiques devra être menée.</p>	<p>Il s'agit notamment d'identifier les activités économiques dont les pertes d'exploitation en cas d'inondation ne seraient pas reportées sur d'autres entreprises implantées localement. Une estimation de ces pertes d'exploitation non transférables sera dans la mesure du possible fournie.</p>

2.2. Mesures non-structurelles

Les mesures non-structurelles constituent une véritable difficulté méthodologique dans l'évaluation de projets. En effet, la grande majorité d'entre elles vise à agir sur le comportement des populations ou sur l'organisation de la réponse en cas d'inondation. Or, il est difficile de faire un lien quantitatif direct entre une modification du comportement d'une part, et une réduction des conséquences dommageables en cas d'inondation d'autre part.

Afin de permettre tout de même l'évaluation de ces mesures et à défaut d'indicateurs renseignant sur la réduction attendue des dommages, nous proposons de prendre des indicateurs de résultats par rapport aux objectifs ciblés par ces mesures.

Sont fournis ci-dessous des exemples de mesures non-structurelles, réparties selon les 7 axes de prévention des inondations, associées à des exemples d'indicateurs.

Axe	Mesures non-structurelles	Indicateurs possibles
Amélioration de la connaissance et de la conscience du risque	<ul style="list-style-type: none"> - Information de la population et des scolaires sur l'aléa inondation - Réalisation de PPMS, de PFMS - Pose de repères de crues - Etat de la concertation 	<ul style="list-style-type: none"> - Nombre de personnes ayant reçu une information (dont écoles) - Fréquence de cette information - Nombre de PPMS - Nombre de PFMS - Nombre de repères de crues posés - Nombre de réunions publiques
La surveillance, la prévision des crues et des inondations	Système/service de surveillance et d'alerte : <ul style="list-style-type: none"> - Mise en place d'un système local agréé de prévision des crues si le cours d'eau n'est pas surveillé par l'État 	<ul style="list-style-type: none"> - Mise en place d'un système local agréé (O/N)
L'alerte et la gestion de crise	<ul style="list-style-type: none"> - Raccourcir le délai d'alerte - Plaquette d'information du public sur les mesures à prendre avant, pendant et après la crue - Exercices de crise - Évacuation - Plans communaux de sauvegarde 	<ul style="list-style-type: none"> - Délai d'alerte - Taux de personnes alertées - Nombre de personnes ayant reçu une plaquette d'information - Fréquence des exercices et nombre de personnes impliquées - Capacité d'évacuation et d'hébergement hors zone inondable - Nombre de PCS
la prise en compte du risque inondation dans l'urbanisme	<ul style="list-style-type: none"> - Mise en œuvre des PPRI - Mise à jour du PLU et du SCOT 	<ul style="list-style-type: none"> - PPRI approuvé (O/N) - PLU, SCOT mis à jour (O/N) - Surfaces en zone inondables non constructibles/surfaces en zone inondables constructibles
Les actions de réduction de la vulnérabilité des personnes et des biens	<ul style="list-style-type: none"> Constructeurs informés des règles de construction en zone inondable Diagnosics du bâti des activités économiques pour mise en œuvre de mesures de réduction de la vulnérabilité Mettre en place une OPAH ou un PIG pour la rénovation urbaine de quartiers 	<ul style="list-style-type: none"> Nombre de constructeurs informés/nb total Nombre de diagnostics ayant été suivis de mesures OPAH (O/N) PIG (O/N)

3. Analyse coût-bénéfice (ACB)

3.1. L'ACB : l'euro comme outil de comparaison

3.1.1. Les principes de l'ACB

Toute mesure politique mise en œuvre sur un territoire donné génère des coûts et des bénéfices. Une mesure n'est pertinente économiquement que si l'ensemble des bénéfices est supérieur à la totalité des coûts. C'est le principe même de l'ACB que de comparer l'ensemble des coûts et des bénéfices d'une mesure pour évaluer la pertinence économique de celle-ci.

Dans le cas de la prévention des risques d'inondations, les mesures considérées sont multiples : digue, batardeau, système d'alerte, système de prévision... Les coûts sont ceux de l'investissement (études et travaux), de l'entretien et du fonctionnement. Les bénéfices correspondent à l'ensemble des dommages évités à chaque événement grâce à ces mesures. Pour calculer ces bénéfices, il est donc nécessaire d'évaluer les coûts des inondations en situation « non aménagée », puis en situation « aménagée » pour les différentes mesures évaluées, et par différence calculer les coûts qui ne se produiront plus du fait de la mise en place des mesures.



Figure 1 : Les grands principes de l'ACB - source : CEPRI

Il est donc nécessaire de traduire l'impact d'un événement en termes monétaires et d'exprimer l'impact physique de l'eau dans une maison ou d'une entreprise en euros. On appellera cet « impact monétaire » un dommage. Plusieurs types de dommages doivent être évalués : les dommages directs ou indirects et tangibles ou intangibles. Cet exercice est parfois difficile d'un point de vue méthodologique.

C'est pourquoi malgré la situation idéale où tous les effets d'une mesure doivent être pris en compte (réduction des dommages directs, indirects, intangibles...), seule une partie des dommages est souvent évaluée (les dommages directs tangibles), le manque de méthodes opérationnelles et de données ne permettant pas de réaliser un bilan complet des coûts et des bénéfices.



La typologie des dommages :

Les dommages sont d'abord qualifiés de tangibles ou d'intangibles :

- les dommages tangibles correspondent à des effets pouvant faire l'objet d'une évaluation monétaire (dégradation de l'habitat, des entreprises...);
- les dommages intangibles (stress, pollution...) sont causés à des biens pour lesquels il n'existe pas de marché *ad hoc*, et donc pas de système de prix.

Les dommages tangibles et intangibles sont ensuite qualifiés de directs ou d'indirects :

- les dommages directs correspondent à des dégâts matériels (destruction, endommagement) imputables à l'impact physique de l'inondation ;
- les dommages indirects correspondent aux troubles de jouissance subis dans l'attente du remplacement des biens détruits. Ce sont, par exemple, les conséquences des dégâts matériels sur les activités et les échanges (perte d'exploitation d'une entreprise suite à la destruction de ses stocks ou de l'outil de production)... Parfois, le dommage indirect n'est pas la conséquence d'une perte directe mais de la submersion elle-même (par exemple, perte d'exploitation d'une entreprise suite au caractère impraticable des voies d'accès en raison de leur submersion).

Cette comparaison des coûts et des bénéfices se fait dans la durée ; il sera donc nécessaire de comparer des valeurs économiques qui s'échelonnent dans le temps. Il faudra alors actualiser ces valeurs pour que cette comparaison ait un sens. En effet, un euro aujourd'hui n'a pas la même valeur qu'un euro dans 10 ans.

Il est important de noter une des hypothèses fortes de ce travail : il est supposé qu'il n'y a pas d'évolution des enjeux sur le territoire au cours du temps. Ainsi les bénéfices tirés d'une mesure sont calculés à enjeux constants, l'installation éventuelle d'une nouvelle entreprise ou d'un nouvel équipement public n'est pas simulé.

En général, l'ACB porte uniquement sur les mesures structurelles, bien que dans certains cas des mesures non-structurelles soient évaluables par ACB (par exemple mise en place d'un système d'alerte donnant le temps aux habitants de mettre hors d'eau leur mobilier).

3.1.2. La modélisation des bénéfices du projet

Les bénéfices évalués ici correspondent aux dommages évités obtenus par la mise en œuvre de la mesure. Ces dommages évités sont principalement des dommages tangibles, directs ou indirects (les dommages intangibles sont par définition difficilement monétarisables) et peuvent être comparés aux coûts de mise en œuvre de la mesure. Ils sont évalués selon des caractéristiques de l'aléa et des enjeux.

L'un des résultats les plus importants des calculs d'une ACB est le dommage moyen annualisé (DMA). Le DMA a pour objectif de synthétiser les différents dommages obtenus selon le type d'événements d'inondations qui peuvent se produire. Il intègre pour chaque type d'événement (événement fréquent à très rare) les dommages qui lui sont associés. Ainsi, il prend en compte la situation pour laquelle l'ouvrage a été dimensionné mais également les situations où les événements seraient plus faibles (donc l'ouvrage serait efficace mais sur-dimensionné) et où les événements seraient plus importants (avec donc, par exemple dans le cas d'une digue, surverse et dommages pour le territoire situé derrière cette digue). Mais ce dommage est pondéré en fonction de la fréquence de l'événement.

Le DMA peut alors s'interpréter comme un dommage moyen qui pourrait se produire chaque année en considérant une situation moyenne parmi les différents cas de figures possibles (de l'événement fréquent à rare).

Il est possible d'obtenir le dommage évité moyen annuel (DEMA) qui correspond au DMA du territoire sans aménagement auquel on soustrait le DMA sur le territoire après aménagement.

Comme le DMA prend en compte les dommages engendrés par toutes les périodes de retour d'évènements, il permet d'intégrer les poids relatifs de chaque dommage en fonction de la période de retour. Le DMA exprime ce que coûte en moyenne par an l'ensemble des évènements d'inondations possibles, et correspond donc à ce qui devrait être provisionné (en intégrant l'actualisation) chaque année pour faire face aux dommages éventuels. Concrètement, il correspond à la surface située en dessous de la courbe de dommage exprimé en fonction des périodes de retour de l'évènement (voir graphique ci dessous).

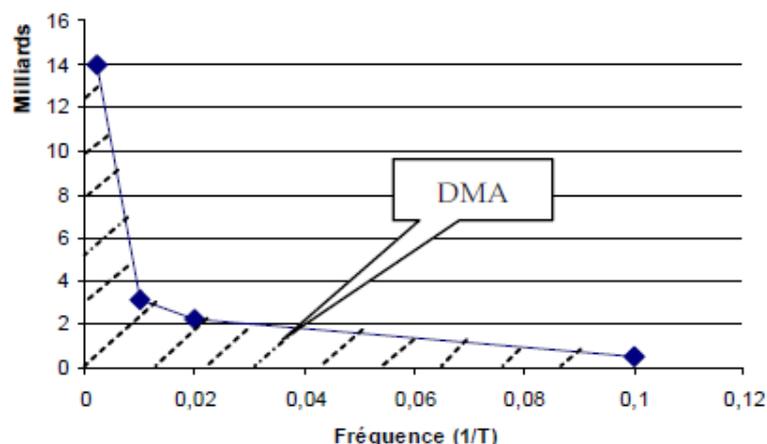


Figure 2 : Représentation du DMA - source : CEPRI

Le DMA est calculé avec la formule suivante :

$$DMA = \int_{f=0}^1 D(f)df$$

Le DEMA est calculé par la différence entre le dommage moyen annuel sans mesure et le dommage moyen annuel avec mesure :

$$DEMA = DMA \text{ (sans mesure)} - DMA \text{ (avec mesure)}$$

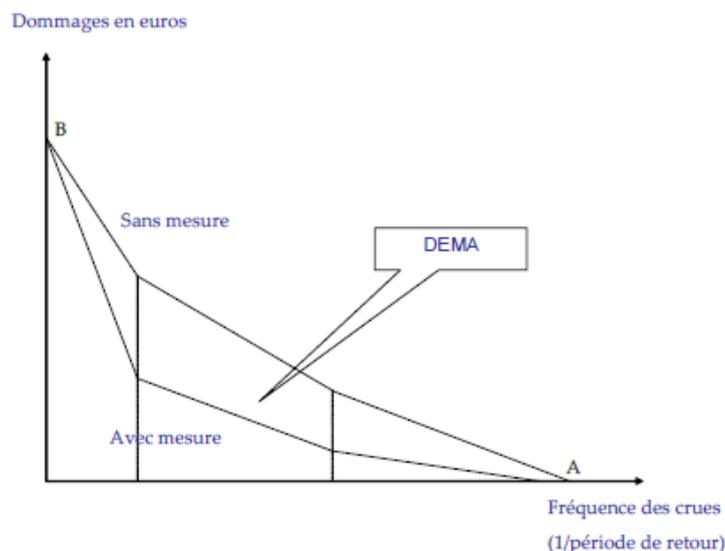


Figure 3 : Représentation du DEMA - source : CEPRI

Une fois qu'on dispose du DEMA, il faut ensuite calculer les coûts du projet.

3.1.3. La détermination des coûts liés au projet

L'ACB compare les bénéfices et les coûts d'une mesure. Ces coûts doivent donc être identifiés et quantifiés. On distingue traditionnellement les coûts en fonction de leur temporalité :

- Coûts initiaux : Ces coûts rassemblent l'ensemble des dépenses engagées par le maître d'ouvrage public depuis l'origine du projet, jusqu'à la conception, la réalisation et la mise en service de l'aménagement. Ils comprennent les coûts du foncier (acquisition, indemnisation, démolition, dépollution, viabilisation), les coûts d'études, les coûts d'accompagnement de la mission de maîtrise d'ouvrage (assistance à maîtrise d'ouvrage, maîtrise d'œuvre, contrôles, etc.), les coûts des travaux, les coûts d'équipement.
- Coûts d'entretien : Ces coûts rassemblent l'ensemble des coûts différés de l'opération, c'est-à-dire toutes les dépenses effectuées après la mise en service du bâtiment/de l'équipement/du dispositif et qui incombent tant au propriétaire, qu'aux utilisateurs. Ils comprennent les coûts de maintenance (entretien courant, maintenance préventive, maintenance curative, gros entretien et renouvellement des équipements), les coûts d'exploitation (consommation d'énergie et d'autres fluides, gestion des déchets, dépenses nécessaires au fonctionnement des activités hébergées dans le bâtiment), le coût des travaux liés à des modifications fonctionnelles de l'aménagement, le coût de pilotage de l'ensemble de l'exploitation.

3.1.4. Détermination des critères d'aide à la décision

À partir du DEMA et des coûts du projet, on peut calculer la valeur actualisée nette (VAN) qui permet de synthétiser les résultats. Elle prend en effet en compte les coûts et les bénéfices (dommages évités) de la mesure. Si la VAN est positive, la mesure étudiée, sur le périmètre géographique retenu et selon les enjeux et les types de dommages pris en compte, est rentable d'un point de vue économique.

La VAN est calculée ainsi :

$$VAN = -C_0 + \sum_{i=0}^n \frac{1}{(1+r_i)^i} (DEMA - C_i)$$

$$= -C_0 + \left[\frac{1}{(1+r_1)} (DEMA - C_1) + \frac{1}{(1+r_2)^2} (DEMA - C_2) + \dots + \frac{1}{(1+r_n)^n} (DEMA - C_n) \right]$$

avec :

C_0 la somme des coûts initiaux de la mesure,
 C_i la somme des coûts d'entretien à l'année i ,
 DEMA les dommages moyens évités annuels,
 n l'horizon temporel de la mesure,
 r_i le taux d'actualisation à l'année i

Le Commissariat général du Plan définit l'actualisation comme une « opération mathématique qui permet de comparer des valeurs économiques qui s'échelonnent dans le temps : il s'agit de ramener la valeur future d'un bien, d'une dépense à une valeur actuelle ». Selon les recommandations du Commissariat général du Plan, le taux d'actualisation de base s'élève à 4 %. Il est ensuite décroissant avec le temps à partir de 30 ans et tend vers 2 % à très long terme. La formule de ce taux d'actualisation r_i est :

$$r_i = \begin{cases} 4\% & \text{si } i \leq 30 \\ \sqrt[i]{1,04^{30} \cdot 1,02^{i-30}} - 1 & \text{si } i > 30 \end{cases}$$

« L'horizon temporel correspond à la durée sur laquelle sont considérés les flux de coûts et de bénéfices associés au projet. Il est parfois désigné par le terme "durée de vie du projet", mais ce terme est trompeur parce qu'il sous-entend que c'est la durée de la vie de l'aménagement qui doit être considéré, alors que

l'horizon temporel dépend également de la fiabilité d'autres paramètres, comme l'occupation du sol » (Erdlenbruch et al., 2007). Dans le cadre des projets de prévention des inondations, et indépendamment des durées de vie maximales des projets évalués, nous estimons qu'il n'est pas opportun d'étudier la pertinence d'un projet au-delà de 50 ans.

Un autre critère de choix, équivalent, est le rapport des bénéfices totaux sur les coûts totaux. Ce rapport B/C se calcule ainsi :

$$B/C = \frac{\sum_{i=1}^n \frac{DEMA}{(1+r_i)^i}}{C_0 + \sum_{i=1}^n \frac{C_i}{(1+r_i)^i}}$$

3.1.5. Analyse des résultats de l'ACB

La mesure ou l'ensemble de mesures est pertinente économiquement si la VAN est positive, ou bien si le rapport B/C est supérieur à 1.

Exemple : supposons que le coût initial soit de 30 millions d'euros, que les coûts de fonctionnement soient de 1 million d'euros par an, que le DEMA soit de 4 millions d'euros par an et que l'horizon temporel soit de 30 ans. Alors la VAN est environ de 22 millions d'euros et le rapport B/C de 1,5. Le projet est donc rentable économiquement.

Le montant de la VAN peut s'interpréter comme la quantité de dommages évités et alors économisés par la société, déduction faite des coûts, grâce aux investissements faits. Le rapport B/C peut s'interpréter comme le retour sur investissement de chaque euro investi dans le projet.

Par ailleurs, le projet qui a le montant de VAN le plus élevé est celui qui permettra d'économiser le plus de dommages sur la période étudiée. Le projet qui a le rapport B/C le plus élevé est celui qui aura maximisé les dommages évités pour chaque euro investi. Un projet peut très bien avoir une VAN importante et un rapport B/C faible, ou l'inverse. Ces deux critères sont donc complémentaires et ne se substituent pas l'un à l'autre.

Analyse de la fiabilité du résultat :

Une fois ces critères quantifiés, il reste encore à évaluer la robustesse des résultats de l'étude ACB par rapport aux approximations réalisées lors des différentes modélisations. Cela peut se faire par une analyse de sensibilité, voire par une analyse d'incertitude.



Analyse de sensibilité et analyse d'incertitude :

On confond souvent analyse de sensibilité et analyse d'incertitude, alors qu'il s'agit de deux phases distinctes.

L'analyse d'incertitude s'attache à qualifier les incertitudes associées aux différents paramètres mobilisés et à étudier leur propagation jusqu'aux résultats de sortie du modèle d'évaluation économique. Elle doit idéalement permettre de fournir des intervalles de confiance sur les résultats de l'étude ACB.

L'analyse de sensibilité consiste quant à elle à estimer la contribution de chaque paramètre d'entrée à la variabilité des résultats de sortie du modèle : elle permet d'identifier les paramètres les plus importants, ceux dont les variations conditionnent la robustesse finale des résultats de l'analyse économique.

Pour effectuer correctement une analyse de sensibilité, la méthode préconisée consiste à faire varier les paramètres-clés du modèle. Dans la mesure du possible, il s'agit de tester ces paramètres selon la fourchette réaliste de variation du paramètre et de regarder quel est l'impact de cette variation sur le résultat de l'étude. À défaut de disposer de la fourchette réaliste de variation du paramètre, une variation de + ou - 10 % peut être effectuée.

Si l'écart entre le résultat initial et le résultat après variation du paramètre est faible, cela signifie que ce paramètre est peu influent sur le modèle. Si cet écart est important et fait varier le résultat final de l'étude, une analyse plus précise de ce paramètre doit être effectuée et la valeur fixée de celui-ci doit être explicitée.

Ainsi, tous les paramètres fixés et les proportions éventuellement utilisées (par exemple, la proportion d'un certain type d'enjeux par zone géographique ou la proportion dommage indirect/direct...) doivent être analysés.

À titre d'exemple, nous proposons une liste de paramètres à tester, cette liste n'est, bien évidemment, pas exhaustive. Peu de paramètres sont liés à l'ACB en elle-même, ils sont principalement liés aux incertitudes sur les données d'entrée.

- Horizon temporel.
- Relation période de retour/hauteur d'eau : tester l'impact sur le résultat de l'ACB d'une variation de la période de retour centennale causant une variation de la hauteur d'eau.
- Relation période de retour/durée de submersion : même test à faire que précédemment pour la durée de submersion.
- Hauteur de plancher : tester les hypothèses prises sur la hauteur de plancher des enjeux.
- Coût d'entretien : parfois fixé à 2 % du coût d'investissement, cette hypothèse est-elle forte ou n'a-t-elle que peu d'importance ?
- Pourcentage d'occupation des RDC.
- Proportion d'habitation avec sous-sol : faire varier le ratio déterminé.
- ...

Pour effectuer correctement une analyse d'incertitude, nous conseillons la lecture du manuel *ad hoc* réalisé par l'IRSTEA dans le cadre du groupe de travail national sur l'ACB appliquée aux projets de prévention des inondations.

3.1.6. Comment modéliser le coût d'une inondation ?

Afin de calculer le DMA, le DEMA puis la VAN et le rapport B/C, il est nécessaire de savoir évaluer les coûts des différents scénarii d'inondations, ainsi que leur fréquence d'apparition. Nous allons maintenant détailler comment modéliser les dommages tangibles directs et, pour une part, indirects consécutifs à un évènement.

Les dommages évalués se répartissent en trois catégories : les dommages aux logements, les dommages aux entreprises non agricoles et les dommages aux exploitations agricoles. Cette dernière distinction entre les entreprises agricoles ou non tient notamment au caractère très étendu des exploitations agricoles.

Les dommages à ces trois catégories de bien sont évalués à partir de courbes de dommage. Ces courbes établissent, pour chaque catégorie ou sous-catégorie d'enjeu sinistré, une relation entre les caractéristiques de l'inondation et les dommages économiques en résultant. Ces courbes étant souvent réalisées par palier, elles peuvent également être présentées sous forme de tableau.

3.2. Les dommages au logement

Ces courbes sont issues de travaux menés par le Centre européen de prévention du risque d'inondation, dans le cadre du groupe de travail national animé par le ministère de l'Écologie, du Développement durable et de l'Énergie de septembre 2010 à mai 2012.

Les courbes sont définies en fonction des caractéristiques :

- du scénario d'événement considéré : durée (supérieure ou inférieure à 48 heures), délai d'alerte (permettant de déplacer le mobilier) et hauteur d'eau dans le bâtiment ;
- du logement : type (collectif ou individuel), nombre de pièces, présence d'un étage ou d'un sous-sol.

	Niveau d'eau	Plancher RDC	H = 0,5m	H = 1m	H = 1,5 m	H = 2m	H = 2,5m	H = 3m
Durée < 48 heures								
(1.1) Individuel sans sous-sol sans étage								
Cas d'un 4 pièces sans déplacement de mobilier	0 €		14 500 €	22 500 €	26 300 €	29 200 €	35 500 €	3700 €
Cas d'un 4 pièces avec déplacement de mobilier	0 €		6 700 €	7 800 €	9 900 €	12 400 €	18 700 €	20 80 €
Cas d'un 5 pièces sans déplacement de mobilier	0 €		22 500 €	31 300 €	36 600 €	40 200 €	46 000 €	4700 €
Cas d'un 5 pièces avec déplacement de mobilier	0 €		10 900 €	13 200 €	16 900 €	20 500 €	26 300 €	2800 €
(2.1) Individuel sans sous-sol avec étage								
Cas d'un 5 pièces sans déplacement de mobilier	0 €		9 600 €	15 800 €	20 300 €	23 900 €	26 400 €	3400 €
Cas d'un 5 pièces avec déplacement de mobilier	0 €		3 200 €	4 500 €	7 900 €	11 500 €	14 000 €	22 80 €
Cas d'un 6 pièces sans déplacement de mobilier	0 €		9 800 €	15 300 €	20 200 €	26 100 €	27 400 €	3600 €
Cas d'un 6 pièces avec déplacement de mobilier	0 €		4 100 €	4 900 €	8 500 €	14 200 €	15 400 €	24 50 €
(3.1) Individuel avec sous-sol avec étage								
Cas d'un 6 pièces sans déplacement de mobilier	1 800 €		11 600 €	17 100 €	22 000 €	28 000 €	29 200€	38 400 €
Cas d'un 6 pièces avec déplacement de mobilier	1 800 €		5 900 €	6 700 €	10 300 €	16 000 €	17 200 €	26 300 €
(4.1) Collectif avec cave								
Cas d'un 3 pièces sans déplacement de mobilier	3 900 €		15 700 €	23 200 €	27 300 €	30 300 €	33 600€	33 000 €
Cas d'un 3 pièces avec déplacement de mobilier	3 900 €		9 200 €	10 800 €	13 500 €	16 500 €	18 800 €	19 200 €
(5.1) Collectif sans cave								
Cas d'un 2 pièces sans déplacement de mobilier	0 €		6 900 €	9 800 €	11 200 €	13 000 €	14 100 €	14 00 €
Cas d'un 2 pièces avec déplacement de mobilier	0 €		3 600 €	4 500 €	5 400 €	7 200 €	8 300 €	8 500 €
Cas d'un 3 pièces sans déplacement de mobilier	0 €		11 900 €	19 300 €	23 500 €	26 400 €	28 700 €	2900 €
Cas d'un 3 pièces avec déplacement de mobilier	0 €		5 300 €	7 000 €	9 700 €	12 600 €	14 900 €	15 30 €
Durée > 48 heures								
(1.2) Individuel sans sous-sol sans étage								
Cas d'un 4 pièces sans déplacement de mobilier	0 €		18 400 €	26 000 €	30 500 €	33 100 €	42 800 €	4600 €
Cas d'un 4 pièces avec déplacement de mobilier	0 €		8 300 €	10 600 €	13 800 €	16 100 €	25 900 €	2600 €
Cas d'un 5 pièces sans déplacement de mobilier	0 €		29 100 €	36 000 €	41 600 €	44 100 €	50 800 €	5200 €
Cas d'un 5 pièces avec déplacement de mobilier	0 €		15 400 €	17 400 €	21 800 €	24 200 €	30 900 €	3200 €
(2.2) Individuel sans sous-sol avec étage								
Cas d'un 5 pièces sans déplacement de mobilier	0 €		14 700 €	18 900 €	25 500 €	28 000 €	29 600 €	4200 €
Cas d'un 5 pièces avec déplacement de mobilier	0 €		6 300 €	7 200 €	13 000 €	15 600 €	17 100 €	29 00 €
Cas d'un 6 pièces sans déplacement de mobilier	0 €		13 700 €	18 600 €	30 500 €	35 000 €	35 500 €	4600 €
Cas d'un 6 pièces avec déplacement de mobilier	0 €		6 700 €	7 800 €	18 800 €	23 000 €	23 600 €	34 00 €
(3.2) Individuel avec sous-sol avec étage								
Cas d'un 6 pièces sans déplacement de mobilier	1 800 €		15 500 €	20 400 €	32 400 €	36 800 €	37 300€	48 400 €
Cas d'un 6 pièces avec déplacement de mobilier	1 800 €		8 600 €	9 600 €	20 600 €	24 900 €	25 400 €	36 300 €

(4.2) Collectif avec cave							
Cas d'un 3 pièces sans déplacement de mobilier	4 100 €	21 100 €	26 300 €	30 000 €	33 200 €	34 700€	35 000 €
Cas d'un 3 pièces avec déplacement de mobilier	4 100 €	12 200 €	13 500 €	16 200 €	19 400 €	20 900€	21 300 €
(5.2) Collectif sans cave							
Cas d'un 2 pièces sans déplacement de mobilier	0 €	8 700 €	11 300 €	12 700 €	14 600 €	15 000 €	15 000 €
Cas d'un 2 pièces avec déplacement de mobilier	0 €	4 800 €	5 900 €	6 900 €	8 800 €	9 200 €	9 600 €
Cas d'un 3 pièces sans déplacement de mobilier	0 €	17 000 €	22 200 €	25 900 €	29 100 €	30 600 €	3000 €
Cas d'un 3 pièces avec déplacement de mobilier	0 €	8 100 €	9 400 €	12 100 €	15 300 €	16 800 €	17 00 €

Tableau 1 : Grille de proposition de diverses courbes de dommage du CEPRI, mai 2012

Finalement, cinq courbes principales sont proposées par durée de submersion. Celles-ci sont déclinées selon les 3 critères de base :

- critère individuel ou collectif ;
- présence ou non d'un sous-sol ;
- présence ou non d'un étage.

Un sous-critère supplémentaire concernant le nombre de pièces est également proposé ; celui-ci reste cependant incomplet : les 5 grands types de logements déclinés ci-dessus ne présentent que quelques propositions de cas classés selon leur nombre de pièces et qui ne couvrent pas la classification idéale de l'Insee (logement à 1 pièce jusqu'à 6 pièces et plus).

Une hypothèse de déplacement ou non du mobilier a été intégrée pour étayer les variables des cinq courbes de base. Par ailleurs, les courbes des logements dotés d'un sous-sol ont aussi été décomposées en deux courbes avec ou sans ce sous-sol. Bien sûr, il n'est pas possible de faire de même avec le critère « avec ou sans étage », du fait du changement des caractéristiques du logement sur le nombre de pièces et la surface habitable.

Ces courbes de dommage telles qu'elles existent actuellement, s'inscrivent dans une application passant par un décompte obligatoire des logements sur le territoire étudié. Elles sont incompatibles dans l'état – sans investigations supplémentaires - avec une mise en œuvre au moyen de données surfaciques telles que celles pouvant être produites avec des données géo-référencées de l'IGN ou du cadastre vectorisé.

Diverses méthodes de recueil des critères (1), (2) et (3) peuvent être réalisées ; une de ces méthodes est proposée ci-dessous :

Supports et données préalables nécessaires :

BD TOPO ; ORTHOPHOTO. À l'échelle de la zone d'inondation maximale.

Étape 1 : Identification des bâtiments d'habitation

Un tri dans la BD TOPO est effectué afin de mettre de côté tous les bâtiments n'étant pas des habitations. On écarte ainsi le bâti dont la superficie est inférieure à 30 m² au sol, seuil arbitraire. En effet, on considère que cette surface est trop petite pour représenter des bâtiments à usage d'habitation.

Étape 2 : Distinction du bâti en collectif de l'individuel (critère 1)

On considère que le bâti individuel a une superficie inférieure à 180 m² ; il s'agit d'un seuil arbitraire. Au-delà, il s'agit de bâti collectif. Cette méthode permet une première sélection grossière qui doit être complétée par une approche plus fine via un travail de photo-interprétation.

En effet par exemple, l'habitat mitoyen le cas échéant, peut devenir avec cette méthode automatique de différenciation, similaire à de l'habitat collectif. Il faut donc faire une correction au cas par cas de cette distinction de l'habitat collectif de celui de l'individuel.

Enfin, à l'occasion de ce tri, on enlève ce qui ne relève pas de l'habitat strict, grâce à l'examen des photos aériennes (exemples : les garages et les installations agricoles).

Étape 3 : Dénombrement des logements individuels (maisons individuelles et individuel mitoyen)

Les maisons comportent un unique logement. Le dénombrement des logements en habitat mitoyen passe tout d'abord par un travail de photo-interprétation, on évalue au cas par cas. Ce travail est ensuite vérifié sur le terrain.

Étape 4 : Dénombrement des logements dans l'habitat collectif

Une visite du terrain : il s'agit de parcourir intégralement la zone d'étude. On relève les paramètres suivants pour chaque habitat individuel isolé, par lot d'habitat individuel mitoyen et enfin par polygone de la BD TOPO pour l'habitat collectif :

comptabilisation du nombre total de logements collectifs : elle s'effectue par comptage des boîtes aux lettres ;

évaluation du nombre d'étages moyen : afin de préciser les données de hauteur du bâtiment présente sur la BD TOPO et être en mesure de préciser le nombre de logements en rez-de-chaussée (c'est-à-dire le nombre de logements collectifs exposés directement).

Étape 5 : Identification des critères (2) et (3)

évaluation du nombre d'étage : à travers la visite de terrain ;

estimation de la présence de sous-sol : idem que pour le critère précédent ;

un critère supplémentaire peut être utile à recueillir. Il s'agit de la hauteur du plancher du rez-de-chaussée : elle peut être estimée en comptant le nombre de marches des bâtiments ou par lot de bâtiments ; la hauteur d'une marche peut être considérée comme correspondant à une mesure de 16 centimètres (observation terrain et normes d'accessibilité pour les équipements publics).

Le sous-critère sur le nombre de pièces est une information impossible à recueillir de visu. L'Insee fournit des données à l'échelle de l'Iris sur le nombre de logement selon la classification par nombre de pièces (BD infracommunale, base « logement » en libre accès sur Internet). Il n'est pas impossible de développer - sur certains territoires - à partir des données de l'Insee, une méthode permettant de déterminer la part des logements à 1, 2 ou encore 6 pièces et plus et de mobiliser la courbe de dommage adéquate. Simplement, il n'est pas certain que cette approche-ci puisse produire des résultats plus précis que celle qui consiste à ne travailler qu'à partir des 5 courbes de dommage principales.

La mise en œuvre d'une courbe avec ou déplacement du mobilier ne nécessite pas forcément des investigations complémentaires. Il est possible de prendre en compte les deux hypothèses dans les ACB futures et de proposer ainsi des résultats plus ou moins optimistes (moyennant une transparence sur les hypothèses étudiées). Cependant, on peut aussi établir un parallèle entre les hypothèses avec ou sans déplacement, avec la présence d'au moins un étage lorsque les hauteurs d'eau maximales sont inférieures à 2,5 mètres.

3.3. Les dommages aux entreprises non agricoles

À l'heure actuelle et dans l'attente de futures courbes de dommage, en cours d'élaboration, il est recommandé d'utiliser les courbes de dommages du Plan Rhône pour évaluer les dommages aux entreprises non agricoles.

Elles sont disponibles sur le site du Plan Rhône :

http://www.planrhone.fr/extern/00002/ACB/docs/dommages_indus.pdf

3.4. Les dommages à l'activité agricole

3.4.1. Présentation de la méthode d'évaluation des dommages agricoles

3.4.1.1. Évènements d'inondations

Les caractéristiques de l'aléa pouvant intervenir dans l'estimation des dommages sont les suivantes :

- la hauteur d'eau d'inondation ;
- la durée de submersion ;
- la vitesse du courant ;
- la date d'occurrence de l'inondation ;
- le caractère salin de l'eau ;
- la charge en limons ;
- l'apport de pollution.

Lorsque cela s'avérera possible et pertinent, des simplifications pourront être proposées quant au nombre de paramètres retenus, en ne retenant que les plus significatifs pour les dommages.

En plus des caractéristiques de l'aléa, la texture du sol est un paramètre qui peut influencer les dommages causés par une inondation. En effet certaines conséquences dépendent du temps de ressuyage des parcelles, qui dépend non seulement de la durée de submersion mais aussi du type de sol en fonction de ses capacités de drainage. L'asphyxie racinaire étant une des causes pouvant générer des pertes de rendement, il est important de tenir compte de ce paramètre.

3.4.1.2. Caractérisation d'une exploitation agricole

Les enjeux agricoles sont représentés par les exploitations agricoles, porteuses de l'activité. Les exploitations agricoles sont constituées de plusieurs composantes. Pour permettre une évaluation des dommages la plus complète possible, il est proposé de considérer chacune de ces composantes séparément avant de repasser à l'échelle globale.

Quatre composantes principales peuvent être distinguées dans une exploitation agricole, qui peuvent elles-mêmes être détaillées de la façon suivante :

Exploitation agricole	
Bâtiments agricoles	Bâtiments (hors habitation)
	Matériels / Outils de production
	Stocks (Intrants, Approvisionnements, Production intermédiaire, Production finale)
Parcelles	Cultures (Récoltes sur pieds et Plantes annuelles)
	Matériel végétal (pour les cultures pérennes)
	Sol
	Stocks (Amendements, Production, etc.)
	Équipements (Clôtures, Systèmes d'irrigation, Serres, etc.)
Animaux	
Personnes / Main d'œuvre	

Tableau 2 : Composantes d'une exploitation agricole

Il n'est pas tenu compte ici de la partie habitation des bâtiments d'exploitation mais uniquement des parties liées à l'activité agricole (entrepôt, grange par exemple).

Le capital technique (matériel et stocks) est divisé en deux postes selon sa localisation : soit dans les parcelles, soit entreposé dans les bâtiments d'exploitations.

Le terme de « cultures » désigne le plus souvent les récoltes sur pieds. Dans le cas des plantes annuelles, il intègre également les plantes annuelles portant la production.

Bien que faisant partie de l'exploitation, les personnes ne seront pas traitées parmi les enjeux agricoles (voir partie 3.4.1.3, « Périmètre des dommages »).

3.4.1.3. Périmètre des dommages

a) Périmètre des dommages

Les dommages considérés sont les suivants :

- Les dommages supportés par les bâtiments agricoles et leur contenu. Ils sont entendus comme l'effort requis par une remise en état des biens (réparation ou remplacement), sans prise en compte des impacts indirects liés à l'impossibilité d'utiliser ces biens pendant la durée de leur dégradation.
- Les dommages supportés par les parcelles. Ils sont entendus comme :
 - o pour la culture en cours, les dommages de pertes de valeur ajoutée sur la saison d'occurrence de la submersion et éventuellement les suivantes ;
 - o pour le fonds (sol, capital végétal, équipements sur la parcelle), la somme de l'effort requis pour une remise en état et de la perte de valeur ajoutée sur la durée de dégradation.
- Les dommages liés aux animaux d'élevage. Ils sont entendus comme les pertes de valeur ajoutée et de capital du fait des blessures ou morts d'animaux l'année d'occurrence de l'inondation et éventuellement les suivantes. Les impacts indirects liés par exemple au stress ou aux maladies pouvant survenir plus tardivement ne sont pas pris en compte.

b) Définition de la valeur ajoutée

La variation de valeur ajoutée est utilisée comme indicateur pour évaluer les dommages liés aux conséquences d'une inondation sur les cultures. La valeur ajoutée est définie dans cette étude comme la différence entre les produits bruts élémentaires et les consommations intermédiaires pouvant être affectées à une production.

Les produits bruts élémentaires sont la valorisation des productions agricoles (animaux, produits animaux, végétaux et produits végétaux) vendues, stockées ou consommées, hors subventions. Le produit à l'hectare d'une culture correspond donc au rendement à l'hectare multiplié par le prix unitaire de vente des produits.

Les consommations intermédiaires sont entendues comme les dépenses pouvant être attribuées à l'acte de production. Elles comprennent les semences, engrais, produits phytosanitaires, aliments, coûts de motorisation (carburant, huile) et d'entretien du matériel, la main-d'œuvre saisonnière.

La variation de valeur ajoutée est donc calculée de la façon suivante :

$$\Delta VA = VA_{stand} - VA_{inond} = \Delta \text{Produit} - \Delta CI$$

Où :

ΔVA est la variation de valeur ajoutée pour un hectare de culture ;

VA_{stand} est la valeur ajoutée pour un hectare de culture pour une saison moyenne ;

VA_{inond} est la valeur ajoutée pour un hectare de culture pour le cycle de l'inondation ;

$\Delta \text{Produit}$ est la variation de produit brut pour cet hectare ;

ΔCI est la variation de consommations intermédiaires sur cet hectare.

Avec :

$$\Delta \text{Produit} = \Delta R \cdot PV$$

$$\Delta CI = \Delta \text{Intrants} + \Delta \text{Matériel} + \Delta \text{Temps de travail}$$

Où :

ΔR est la variation de rendement à l'hectare ;

PV est le prix de vente espéré de la production ;

$\Delta \text{Intrants}$ est la variation de consommation d'intrants répercutée en termes de coût ;

$\Delta \text{Matériel}$ est la variation de frais de fonctionnement et d'entretien du matériel ;

$\Delta \text{Temps de travail}$ est la variation de main-d'œuvre occasionnelle exprimée en termes de coût.

Les variations sont envisagées par rapport à un cycle standard ou moyen de production. L'évaluation des dommages prend ainsi en compte la perte de produit ainsi que les consommations économisées en fonction de la période d'occurrence de la submersion dans le cycle. Ceci implique d'avoir une vision « à la saison » des dommages.

Le temps de travail de l'exploitant agricole ou de la main-d'œuvre permanente n'est pas valorisé dans les dommages car ils seront, avec ou sans inondation, présents sur l'exploitation pour poursuivre les itinéraires culturels et participer à la remise en état si nécessaire.



Pourquoi utiliser la perte de valeur ajoutée et non la perte de marge brute ?

En économie agricole, la marge brute peut comprendre selon les définitions retenues la valeur des subventions. Il est donc recommandé de vérifier, quelle que soit la terminologie utilisée, que le produit n'inclut pas les subventions. En effet, du point de vue collectif, une perte de subvention n'est pas un dommage, juste un transfert non réalisé. Du point de vue de l'exploitation, la perspective est autre. En effet, l'attribution de subvention peut entraîner des modifications de pratiques des agriculteurs qui auront un impact sur les dommages, notamment en termes de ressemis et de consommations intermédiaires engagées.

3.4.2. Dommages aux composantes élémentaires

Cette partie présente une méthode prête à l'emploi permettant de construire les courbes de dommage nécessaires à l'application de la méthode ACB. Cela se justifie notamment par la grande variabilité des données agricoles d'un territoire à l'autre (valeurs du rendement et du prix de vente différentes pour une même culture par exemple).

Ainsi, il est nécessaire, pour évaluer les dommages aux bâtiments, aux élevages et aux principaux types de cultures (viticulture, arboriculture, grandes cultures, maraîchage et prairies), de se référer aux fiches situées en annexe et qui précisent pour chaque enjeu comment construire les courbes de dommages sur la base des composantes élémentaires et comment les utiliser.

Dans les paragraphes suivants, les dommages potentiels sur chacune des composantes élémentaires des exploitations sont décrits et caractérisés de façon théorique. La méthodologie pour leur assemblage est décrite dans la section suivante (partie 3.4.3).

3.4.2.1. Dommages aux bâtiments

Il s'agit ici des bâtiments comme composante élémentaire, c'est-à-dire en tant que structures sans tenir compte de leur contenu.

Les bâtiments agricoles des exploitations peuvent subir des dégâts lors d'une inondation. Les dommages correspondent alors aux coûts de nettoyage et de travaux pour leur remise en état voire à leur reconstruction en cas de dégâts très importants. Trois postes de dommages qui représentent la grande majorité des opérations de remise en état qui doivent être effectuées suite à une inondation ont été retenus :

- le nettoyage du bâtiment ;
- la réfection du réseau électrique ;
- la remise en état du bureau, local qui peut-être situé dans les bâtiments d'exploitation et qui comporte des revêtements à rénover en cas d'inondation.

Il est rare que des dégâts plus importants, tels des destructions de cloisons, surviennent en dehors d'événements exceptionnels.

Plusieurs types de bâtiments devront être distingués selon leur configuration (bâtiment fermé, hangar ouvert, bâtiment avec mezzanine, etc.) et leur matériau de construction (bois, tôle, pierre, etc.).

Pour les bâtiments, quel que soit leur type, les dommages varient principalement en fonction de la hauteur d'eau qui détermine l'ampleur du nettoyage à réaliser et l'atteinte ou non du réseau électrique, ainsi que de la salinité de l'eau ou sa charge en limons. Concernant les autres paramètres :

- la période de l'année ne joue aucun rôle ;
- la durée de submersion peut aggraver les dommages, toutefois elle reste de moindre importance par rapport à la hauteur et n'est donc pas prise en compte ;
- le courant n'aggrave pas les dégâts mentionnés ci-dessus, sauf dans les cas exceptionnels non pris en compte ici, d'inondation avec un courant extrêmement violent qui pourrait détruire partiellement les bâtiments.

Les coûts moyens de nettoyage et de réfection du réseau électrique en €/m² seront fournis par type de bâtiment et en fonction de la hauteur d'eau, et de la présence de sel ou de limons dans l'eau. Le coût moyen de rénovation d'un bureau sera fourni pour un bureau type et en fonction de la hauteur d'eau, et de la présence de sel ou de limons dans l'eau. Le dommage total pour un bâtiment est noté DB, il est obtenu par addition des trois postes de dommages considérés.

$$(1) D_B = D_{B, \text{nett}} + D_{B, \text{élec}} + D_{B, \text{bur}} = (C_{\text{nett}} + C_{\text{élec}}) \cdot \text{Surf} + I_{\text{bur}} \cdot C_{\text{bur}}$$

Où :

- DB, nett est le dommage lié au nettoyage du bâtiment ;
- DB, élec est le dommage lié à la réfection du réseau électrique ;
- DB, bur est le dommage lié à la rénovation du local bureau ;
- Cnett est le coût moyen par m² pour le nettoyage du bâtiment ;
- Célec est le coût moyen par m² de bâtiment pour la réfection du réseau électrique ;
- Surf est la surface du bâtiment ;
- Ibur est l'indice signifiant la présence d'un local bureau ou non ;
- Cbur est le coût moyen de rénovation d'un local type bureau.

3.4.2.2. Dommages au matériel

Le matériel regroupe les machines et les outils agricoles abrités dans les bâtiments d'exploitations et les équipements situés dans les parcelles. Dans les deux cas, il peut subir des dégâts lors d'une inondation. Les dommages correspondent selon l'ampleur des dégâts subis, au coût de réparation du matériel ou au coût de son remplacement.

a) Dommages aux matériels (dans les bâtiments agricoles)

Les catégories de matériel considérées sont les suivantes :

- matériel roulant (tracteurs) ;
- matériel de traitement et de fertilisation ;
- matériel de travail du sol, de semis et plantation, de récolte ;
- matériel spécifique (taille, etc.) ;
- matériel de transport ;
- matériel de traite ;
- chambre froide ;
- atelier mécanique et petit outillage.

Plusieurs types de matériel, plus précis que les catégories mentionnées ci-dessus, pourront être distingués selon les éléments sensibles qui constituent chaque matériel et la hauteur à laquelle ces éléments se situent. Les éléments sensibles à considérer sont les suivants :

- éléments mécano-soudés ;
- vérins et roulements ;
- transmission et pignonnerie ;
- composants électriques ;
- composants électroniques.

Pour le matériel, les dommages varient principalement en fonction de la hauteur d'eau qui détermine les éléments sensibles atteints. Concernant les autres paramètres :

- la vitesse du courant et la durée de submersion peuvent aggraver les dommages, mais ces paramètres restent de moindre importance par rapport à la hauteur et ne sont donc pas pris en compte ;
- la période de l'année ne joue aucun rôle ;
- la salinité de l'eau accentue la corrosion, notamment sur les moteurs et aggrave donc les dommages même après un rinçage. Des endommagements spécifiques sont donc fournis ;
- le dépôt de limons peut être éliminé par un simple rinçage et n'est donc pas pris en compte.

Le coût de réparation d'un matériel correspond à la somme des coûts de réparations des éléments sensibles touchés par l'eau. Selon le type d'élément, ce coût peut être estimé par un pourcentage de la valeur à neuf du matériel ou par un prix forfaitaire.

Au-delà d'un certain coût de réparations total, exprimé en pourcentage de la valeur à neuf du matériel, ou si des pièces particulières sont touchées (pièces maîtresses d'un moteur par exemple), le remplacement du matériel sera prévu. Du fait de l'amortissement progressif du matériel, son âge doit être pris en compte. Ainsi le dommage associé au remplacement est égal à la valeur, amortissement déduit, du matériel à racheter.



Qu'est-ce que l'amortissement ?

L'amortissement d'un matériel est le fait de son usure physique et des évolutions techniques au cours du temps. Chaque année, le matériel vieillit et perd donc un peu de sa valeur, cette perte est exprimée en pourcentage, appelé taux d'amortissement. Pour chaque type de matériel, la durée d'amortissement est la durée normale d'utilisation de ce matériel. A la fin de chaque année d'utilisation, le matériel a une valeur qui peut être calculée de la façon suivante :

$$V_i = V_0 \cdot (1 - t_{amort})^i$$

Où :

V_i est la valeur du matériel l'année i (valeur amortie) ;
 V_0 est la valeur à neuf du matériel ;
 t_{amort} est le taux d'amortissement.

A la fin de la durée d'amortissement, le matériel a encore une valeur résiduelle qui correspond au prix auquel il pourrait alors être revendu. Toutes ces valeurs sont définies, par la cote SIMO (équivalent de la cote ARGUS pour les voitures).

Une liste des valeurs à neuf moyennes et des durées d'amortissement pour différents éléments de matériel sera fournie. L'âge moyen des éléments devra être établi localement si possible, ou à défaut il pourra être considéré que les matériels sont en moyenne à la moitié de leur durée d'amortissement.

Les courbes d'endommagement fourniront les dommages (en pourcentage de la valeur à neuf ou en montant) par matériel et selon la hauteur d'eau. Lorsque cela est pertinent, les courbes seront fournies par type de matériel, regroupant des matériels relativement semblables et endommagés de la même manière.

b) Dommages aux équipements (dans les parcelles)

Les équipements présents dans les parcelles sont également exposés aux conséquences des inondations. Les équipements concernés selon les cultures sont :

- le matériel d'irrigation ;
- les clôtures ;
- le palissage ;
- les serres.

Les dégâts aux équipements dans les parcelles dépendent principalement de la vitesse du courant qui peut causer leur arrachage. Concernant les autres paramètres :

- la hauteur d'eau joue un rôle relativement faible dans les dégâts en comparaison du courant. Elle n'est donc pas intégrée dans les paramètres déterminants (elle pourrait toutefois intervenir pour l'atteinte de certains équipements situés en hauteur comme un système d'irrigation avec asperseurs en arboriculture) ;
- la période de l'année intervient peu car la plupart des équipements cités sont présents toute l'année dans les parcelles (clôtures, palissage, serres) ou ne sont présents qu'au moment de présence des cultures (système d'irrigation pour le maraîchage) ;
- la salinité et les sédiments aggravent les dommages dans une moindre mesure et ne sont donc pas intégrés ;
- la durée de submersion n'est pas significative pour l'évaluation des dommages.

La remise en état ou le remplacement des équipements localisés dans les parcelles est prise en compte avec les dommages aux parcelles. Certaines opérations sont comprises dans les charges liées à la réimplantation d'une culture ou au nettoyage d'une parcelle. Pour les autres opérations de réparation, leur coût est fourni en se basant sur le nombre d'heures par hectare nécessaire à leur réalisation. Ainsi :

- les tuyaux d'irrigation en maraîchage peuvent être déplacés par le courant, la culture est alors également détruite. Comme ils ne sont généralement pas endommagés, ils sont remis en place en même temps que la nouvelle culture, et ce coût est compris dans les charges de plantation.
- les clôtures peuvent être abîmées lors d'une inondation, de nombreux déchets se coincent également dedans. Leur nettoyage et les petites réparations à effectuer nécessitent en moyenne 1 jour de travail par hectare, sans inclure le coût du matériel.
- le palissage est complètement arraché avec un même niveau de courant (courant fort) que les ceps de vigne ou les arbres eux-mêmes et son remplacement est donc inclus aux frais de replantation. Avec un courant moyen qui endommage plus faiblement le palissage, sa remise en état nécessite entre 20 h/ha et 40 h/ha, hors coût de matériel.
- les serres peuvent être impactées lorsque le courant est fort. En-deçà, les dégâts seront négligeables. En l'absence de coûts de réparations, les coûts de construction sont proposés pour le calcul des dommages. Ils sont fournis pour les différents types de structures (tunnel en plastique, serre en plastique, serre en verre) en €/m².

c) Conséquences des dommages aux équipements sur les cultures

L'endommagement de certains équipements peut causer ou être lié à des dommages sur les cultures (par exemple l'arrachage des vignes et du palissage a lieu pour un même niveau de courant). Il a été porté une attention particulière à ce qu'il n'y ait pas d'incohérence entre ces deux types de dommages.

3.4.2.3. Dommmages aux stocks

Les stocks désignent :

- les stocks de produits phytosanitaires et d'engrais ;
- les stocks d'huile et de carburant ;
- les stocks de paille et d'aliments pour animaux (foin, grains, compléments) ;
- les stocks de produits issus de l'exploitation (vin, fruits ou légumes de conservation, etc.).

Les stocks, s'ils ne sont pas protégés ou entreposés en hauteur, peuvent subir des dommages lors d'une inondation. Lorsqu'ils sont touchés, ils deviennent généralement inutilisables ou invendables et sont donc perdus.

Les dommages correspondent à la valeur de rachat des mêmes produits pour les stocks d'intrants, de carburant, de paille et d'aliments, ou à la valeur ajoutée non réalisée pour les productions commercialisables.

Pour les stocks, les dommages dépendent principalement :

- de la hauteur d'eau, en formulant des hypothèses sur la hauteur de stockage des différents types de stocks ;
- de la période de l'année, les quantités de produits phytosanitaires, de foin, etc. stockées variant au cours de l'année ;
- la vitesse du courant et la durée de submersion peuvent aggraver les dommages, toutefois elles restent de moindre importance et ne sont donc pas prises en compte.

Les fonctions d'endommagement aux stocks comporteront 2 coefficients :

- un coefficient, appelé coefficient de quantité, variant avec la date, représentant le pourcentage de stock stocké sur l'exploitation au cours de l'année par rapport à la quantité totale du même stock utilisée sur une année complète ;
- un coefficient d'endommagement du stock, correspondant au pourcentage d'un stock perdu lorsqu'une inondation survient et qu'il est présent. La plupart des produits étant stockés au sol, ce coefficient sera souvent égal à 1. Sinon, il pourra dépendre de la hauteur d'eau.

Les dommages aux stocks (D_{st}) seront calculés de la façon suivante :

$$D_{st} = \sum_{i \in S} q_i(j) \cdot q_{st}(j) \cdot Q_{st}(j) \cdot V_{st}(j)$$

Où :

$\varepsilon_{st}(j)$ est le coefficient d'endommagement pour le type de stocks j ;

$q_{st}(j)$ est le coefficient de quantité pour le type de stock j ;

$Q_{st}(j)$ est la quantité totale de stock j transitant sur l'exploitation pendant une année ;

$V_{st}(j)$ est la valeur unitaire du stock j .

3.4.2.4. Domages au matériel végétal

Les cultures concernées sont : les vignes, les vergers, les cultures maraîchères pluriannuelles (asperges, rhubarbe, etc.), les cultures horticoles, les plantes aromatiques pluriannuelles, les cultures de petits fruits pluriannuelles.

Certaines conditions d'aléa (vitesse importante, durée de submersion longue ou salinité par exemple), peuvent causer des pertes définitives de plantes pérennes (arrachées ou mortes par asphyxie racinaire). Dans ce cas l'exploitant perd la valeur de fonds de son matériel végétal. Trois scénarii de comportement des agriculteurs ont été définis en fonction du pourcentage de plants perdus par unité de surface soumise à un aléa homogène :

- (stratégie 1) en dessous d'un certain endommagement attendu, les plants perdus ne sont pas remplacés ;
- (stratégie 2) au-dessus de ce premier seuil d'endommagement et avant un deuxième seuil, l'exploitant replante uniquement les plants perdus ;
- (stratégie 3) au-dessus du deuxième seuil d'endommagement, l'exploitant choisi d'arracher l'ensemble des plants et de tout replanter.

Pour chaque type de culture, les deux valeurs seuils seront fournies.

La perte de matériel végétal génère alors des dommages suivants :

- une variation de produit comprenant une baisse de récolte l'année de l'inondation (stratégies 1, 2 et 3), plus une perte de produit temporaire le temps de l'entrée en production des nouveaux plants (stratégies 2 et 3) ou une baisse de production sur le reste de la durée de vie de la culture (stratégie 1) ;
- une variation de consommations intermédiaires incluant des économies de consommations intermédiaires sur les opérations de récolte de façon temporaire (stratégie 2 et 3) ou définitive (stratégie 1), plus des économies de consommations intermédiaires sur les opérations de taille de façon définitive (stratégie 1). Cette hypothèse a été retenue car le temps consacré à ces deux opérations est lié à la proportion de ceps vivants, et la taille doit être réalisée sur les ceps nouvellement plantés comme sur les autres. Les autres opérations sont soit liées à la surface exploitée et ne varient donc pas même s'il y a eu des pertes partielles de matériel végétal, soit sont réalisées de la même manière sur les plants replantés ;
- des dépenses supplémentaires exceptionnelles : le coût d'arrachage des plants morts, de replantation puis d'entretien des nouveaux plants pendant plusieurs années (stratégie 2 et 3).

Les coûts de plantation dépendent fortement des espèces ou cépages choisis et de la densité de plantation. L'utilisateur devra donc établir localement le coût moyen d'investissement pour la culture considérée.

Pour le calcul des dommages liés aux conséquences générés tous les ans de façon définitive, l'âge moyen du matériel végétal devra être connu. En l'absence d'information sur l'âge moyen du matériel végétal, l'hypothèse de cultures pérennes ayant en moyenne atteint la moitié de leur durée d'amortissement pourra être faite.

Les courbes de perte de matériel végétal sont exprimées en pourcentages et notées β , fonctions des caractéristiques de l'aléa. L'année de l'inondation, le rendement est donc impacté par la perte de matériel végétal. En cas de décision prise de replanter toute une parcelle, l'hypothèse est faite que la replantation a lieu pendant le repos végétatif et que la récolte est réalisée avant l'arrachage même en cas de perte de matériel végétal importante. La variation de produit liée à la perte de matériel végétal l'année de l'inondation est donc égale à :

$$\Delta \text{Produit} = \beta \cdot R \cdot P_v$$

Septembre 2012

Où :

β est le coefficient de perte de matériel végétal ;

R le rendement à l'hectare ;

PV le prix de vente espéré de la production.

Lorsque la récolte est réalisée manuellement, les charges liées sont proportionnelles au rendement de la culture. Lorsque la récolte est réalisée mécaniquement, les charges de récolte ne sont pas exactement proportionnelles au rendement car toute la superficie de la parcelle, et donc tous les plants, doivent tout de même être parcourus et récoltés. Toutefois, en cas de perte de matériel végétal, les opérations peuvent être raccourcies car les plants entièrement morts ne sont pas récoltés. Pour simplifier les calculs, il est considéré que les charges de récolte sont proportionnelles à la proportion de matériel végétal vivant (sans prendre en compte pour le moment d'autre perte de rendement). Une perte de matériel végétal entraîne donc des économies de consommations intermédiaires.

La taille étant réalisée pendant le repos et le cycle considéré débutant juste après la récolte, l'année de l'inondation, il n'y a pas d'économie faites sur cette opération. L'année de l'inondation, les variations de consommations intermédiaires sont donc égales à :

$$\Delta CI = \beta \cdot CI_{\text{récolte}}$$

Où :

β est le coefficient de perte de matériel végétal ;

CI les consommations intermédiaires liées à l'opération X.

Pour les années suivantes, les dommages au matériel végétal DMV pour 1 ha de culture pérenne considérée sont alors calculés selon les équations suivantes :

$$(\text{stratégie 1}) D_{MV} = \sum_{i=1}^{d_{\text{amort}} - A_{\text{AMV}}} \left[\left[\beta \cdot R \cdot P_V - \beta \cdot (CI_{\text{récolte}} + CI_{\text{taille}}) \right] \cdot \prod_{j=0}^i \frac{1}{1 + r_j} \right]$$

$$(\text{stratégie 2}) D_{MV} = \beta \cdot \frac{A_{MV}}{d_{\text{amort}}} \cdot I + \sum_{i=1}^{d_{\text{prod}}} \left[\left[\beta \cdot R \cdot P_V - \beta \cdot CI_{\text{récolte}} \right] \cdot \prod_{j=0}^i \frac{1}{1 + r_j} \right]$$

$$(\text{stratégie 3}) D_{MV} = \frac{A_{MV}}{d_{\text{amort}}} \cdot I + \sum_{i=1}^{d_{\text{prod}}} \left[\left[R \cdot P_V - CI_{\text{récolte}} \right] \cdot \prod_{j=0}^i \frac{1}{1 + r_j} \right]$$

Où :

β est le coefficient d'endommagement au matériel végétal ;

AMV est l'âge moyen des cultures pérennes ;

d_{amort} est la durée d'amortissement de la culture considérée ;

d_{prod} est le délai d'entrée en production pour la culture considérée ;

CI les consommations intermédiaires liées à l'opération X ;

I est le coût de plantation d'1 ha de culture ;

R est le rendement à l'hectare ;

PV est le prix de vente espéré ;

r_i le taux d'actualisation pour l'année i.

Les dommages au matériel végétal dépendent principalement de :

- la date de submersion car la sensibilité des cultures pérennes varie en période de repos végétatif ou de végétation ;
- la vitesse du courant pouvant causer des arrachages ;
- la hauteur d'eau qui participe à l'asphyxie des végétaux lorsque leurs feuilles sont sous l'eau ;
- la durée de submersion pouvant entraîner des asphyxies racinaires ;
- du caractère salin de l'eau pouvant être toxique pour les plantes pérennes.

3.4.2.5. Dommmages aux cultures

Les inondations peuvent occasionner des pertes de récoltes lorsque la culture est déjà en place au moment de l'inondation ou bien même sur les récoltes à venir du fait d'effets sur le sol ou sur le matériel végétal. Les pertes liées aux dégâts sur le matériel végétal sont traitées dans le paragraphe précédent.

Les dommages aux cultures considérés (DC) sont les pertes de valeur ajoutée, fonction de la baisse de produit et des variations éventuelles de consommations intermédiaires, pendant la saison d'occurrence de l'inondation et les saisons suivantes :

$$Dc = \Delta VA = \Delta \text{Produit} - \Delta CI$$

Où :

ΔVA est la variation de valeur ajoutée pour un hectare de culture ;

$\Delta \text{Produit}$ est la variation de produit brut pour cet hectare ;

ΔCI est la variation de consommations intermédiaires sur cet hectare.

a) Variations de produit et variations de rendement

L'évaluation de la variation de produit pour une culture passe par une étape préliminaire de construction de courbes exprimant la baisse de rendement (en pourcentage) du fait de l'occurrence de la submersion. Ces courbes sont l'équivalent des courbes d'endommagement pour les biens structurels. En effet, le produit s'obtient par multiplication du rendement et du prix de vente espérés, qui est lui considéré non influencé par la survenue d'une inondation à une échelle locale.

L'évaluation des dommages aux cultures à l'échelle nationale pose donc des difficultés en termes de variabilité spatiale des caractéristiques des cultures (calendrier, rendements, prix de vente). Pour une même culture et un même aléa, les dommages peuvent être différents pour des localisations géographiques différentes. Il semble donc judicieux, pour éviter un catalogue trop imposant de courbes de dommages, de proposer une méthode permettant d'adapter des courbes fournies selon des caractéristiques locales. Dans cette optique, des fonctions de perte de rendement sont proposées pour exprimer une perte de rendement en pourcentage et en fonction des stades des cycles de production des cultures. L'utilisation des fonctions de perte de rendement nécessite ensuite :

- d'établir localement le calage des cycles végétatifs des cultures rencontrées sur la zone d'étude en termes de date, pour traduire ces courbes en fonction de la date d'occurrence de l'inondation ;
- d'estimer les rendements (R) et prix de vente (PV) des cultures recensées pour permettre le calcul de fonctions de dommages aux cultures prêtes à être utilisées.

Les courbes de perte de rendement sont exprimées en pourcentage et notées α , fonctions des caractéristiques de l'aléa. La variation de produit pour 1 ha de culture considérée est alors calculée de la façon suivante :

$$\Delta \text{Produit} = \alpha \cdot R \cdot Pv$$

Où :

α est le coefficient de baisse de rendement ;

R le rendement à l'hectare ;

PV le prix de vente espéré de la production.

Les baisses de rendement peuvent dépendre de plusieurs caractéristiques de l'aléa. Selon les cultures et leur stade végétatif, ce ne sont pas forcément les mêmes caractéristiques qui prédominent. L'influence de chacun des paramètres est expliquée ci-après :

- pour la période de l'année : la sensibilité des cultures dépend grandement des caractéristiques des plantes et donc du stade végétatif atteint au moment de l'inondation ;
- pour la durée de submersion : une des causes principales de baisse de rendement est l'asphyxie racinaire des plantes, fonction de la durée d'inondation ;
- pour la hauteur d'eau : lorsque les fleurs/fruits/légumes/grains sont déjà en place, les pertes subies peuvent varier selon qu'il y ait ou non contact avec l'eau et dépendent donc de la hauteur d'eau ;
- pour la vitesse du courant : en cas de vitesse importante, les plantes annuelles peuvent être couchées ou arrachées ;
- pour la salinité de l'eau : les cultures ont des sensibilités au sel différentes, généralement les baisses de rendement sont aggravées par la salinité ;

- pour la charge en matière : le dépôt de sédiments sur les plantes peut perturber la respiration des feuilles ou rendre les productions impropres à la commercialisation.

Cas des cultures pérennes

Les fonctions de pertes de rendement décrites ci-dessus expriment la baisse de récolte sur pieds et n'intègrent pas les baisses de production du fait de la perte définitive de matériel végétal (arrachage, asphyxie), qui sont traitées dans les « Dommages au matériel végétal ». Au total, pour une culture pérenne, la variation de produit totale liée aux baisses de production combinant ces deux effets est égale à :

$$\Delta \text{Produit} = [\beta + (1 - \beta) \cdot \alpha] \cdot R \cdot PV$$

Où :

β est le coefficient de perte de matériel végétal ;

α est le coefficient de baisse de rendement ;

R le rendement à l'hectare ;

PV le prix de vente espéré de la production.

Cas des prairies

Pour ce qui est de la production annuelle de fourrage (pâturé ou fauché), les dommages aux cultures seront calculés sur la base du prix d'achat d'un fourrage équivalent. Le prix du fourrage pourra être estimé en fonction de la qualité nutritionnelle de la prairie endommagée. Il est considéré que la diminution de production est compensée par une dépense supplémentaire pour l'achat de fourrage, équivalente à une perte de produit. Toutefois, quelques cas particuliers sont à envisager du fait de la rusticité plus ou moins grande des animaux d'élevage vis-à-vis de leur alimentation :

- dans le cas d'animaux à viande pâturants, leur rusticité leur permet de subir une baisse de fourrage pouvant aller jusqu'à 25 % sans conséquence sur leur production, et donc sans achat de fourrage supplémentaire en compensation des pertes.
- Si l'inondation dure plus de 8 jours, la qualité du foin sera dégradée et donc sa valeur énergétique diminuée. Dans le cas d'animaux laitiers nourris à l'herbe, leur alimentation devra être complétée. Une estimation est faite en considérant l'apport d'orge en complément, ce qui permet donc de fournir une dépense supplémentaire par tonne de foin fauchée ou pâturée (déduction faite des pertes de rendement prévues précédemment). Pour les autres animaux, cette diminution de qualité n'aura pas de répercussion. La variation de produit pour 1 ha de prairie est alors calculée de la façon suivante :

$$\Delta \text{Produit} = \alpha \cdot R \cdot PV + (1 - \alpha) \cdot R \cdot \delta_{\text{qualité}} \cdot \text{CVE}_{\text{orge}}$$

Où :

α est le coefficient de baisse de rendement ;

R le rendement à l'hectare ;

PV le prix de vente espéré de la production ;

$\delta_{\text{qualité}}$ est la perte de valeur énergétique du fourrage en UFL par unité de poids ;

CVE_{orge} est le coût de l'orge rapporté à sa valeur énergétique en €/UFL.

Cas des prairies pluriannuelles

Les prairies pluriannuelles pâturées ou fauchées pour l'alimentation des animaux peuvent être considérées de la même façon que des cultures pérennes particulières, l'atteinte du niveau de pleine production nécessitant au moins une année. Lorsqu'une telle prairie est détruite, des pertes totales de production seront donc considérées sur 2 ans (l'année de l'inondation plus l'année d'entrée en production de la prairie ressemée).

Cas de la submersion marine

Pour l'aléa de submersion marine, des baisses de rendement peuvent être observées pendant plusieurs années après l'inondation du fait de la dégradation de la qualité des sols (sodicité, perte de matière organique), en général jusqu'à 3 ans si les actions de réparation préconisées sont entreprises. La baisse de rendement l'année i après la survenue de l'inondation est donc notée α_i . La variation de produit pour 1 ha de culture considéré est alors calculée de la façon suivante :

$$\Delta \text{Produit} = \sum_{i=0}^3 \alpha_i \cdot R \cdot P_v \cdot \prod_{j=0}^i \frac{1}{1+r_j}$$

Où :

α_i est le coefficient de baisse de rendement pour l'année i ;

R le rendement à l'hectare ;

PV le prix de vente espéré de la production ;

r_i le taux d'actualisation pour l'année i ⁸.

b) Variations de consommations intermédiaires

Les charges considérées sont les consommations intermédiaires (CI). Ne sont considérées ici que les charges correspondant aux opérations menées par les agriculteurs dans le cadre de l'itinéraire technique. Les charges supplémentaires liées à la remise en état des parcelles sont traitées dans les dommages au sol. De plus, dans ce paragraphe, seules les variations de consommations intermédiaires liées à la culture en place au moment de l'inondation sont traitées. En cas d'implantation d'une nouvelle culture, même si la même culture est ressemée, l'éventuel nouveau produit réalisé et les charges liées à son implantation sont traitées dans le paragraphe suivant.

S'il y a baisse de rendement pour une culture suite à une inondation, les charges considérées ne varieront pas de façon proportionnelle avec le rendement. En effet, si la culture est poursuivie, les opérations aux champs devront être réalisées sur la même superficie et ne varieront donc pas. De plus, seules les charges non encore engagées sont susceptibles d'être modifiées. Les variations de charges dépendent donc du choix de poursuivre ou non la culture, lié principalement aux pertes de rendement subies et à la position dans le cycle. Les modalités pouvant conduire à l'abandon d'une culture annuelle sont décrites dans un prochain paragraphe. Généralement, il y a des variations de consommations intermédiaires uniquement l'année de survenue de l'inondation, ce sont les seules considérées ici.

Dans la plupart des cas, si la culture est poursuivie, les consommations intermédiaires ne varient pas. Toutefois, quelques cas spécifiques de cultures à certains stades généreront la réalisation d'opérations supplémentaires et donc une augmentation des consommations intermédiaires, ou des économies de charges :

- Dans quelques cas, un ou plusieurs traitements préventifs contre le développement de certaines maladies favorisées par l'humidité peuvent être réalisés :
 - o sur des vignes inondées au stade floraison 2 traitements supplémentaires seront appliqués, et si l'inondation a lieu au stade maturité 1 seul traitement supplémentaire ;
 - o en maraîchage, 1 traitement supplémentaire sera appliqué sauf si la période de récolte a déjà débuté ;
 - o sur une culture de maïs, 1 traitement supplémentaire sera effectué si l'inondation survient au stade maturité.
- Sur les prairies, un broyage superficiel de l'herbe sera réalisé en cas d'inondation avec de l'eau limoneuse.
- Dans le cas de la viticulture et de l'arboriculture où l'organisation de la récolte est complexe (location de matériel, recrutement d'ouvriers agricoles, etc.), il est fait l'hypothèse que la récolte ne sera faite que si les pertes totales de rendement sont inférieures à 90 %. Cette hypothèse devra être validée par les experts idoines.
- Dans le cas du maraîchage où les récoltes s'effectuent manuellement, et le cas des cultures pérennes récoltées manuellement, les charges de récolte sont proportionnelles au rendement non impacté. Des économies sont donc réalisées s'il y a des baisses de rendement liées à l'inondation.
- Dans le cas des vignes, si la vendange doit être effectuée mécaniquement, son déroulement peut être perturbé si l'inondation survient à la période où elle doit être réalisée :

⁸ Conformément aux préconisations du Commissariat général au Plan (Lebègue, 2005) le taux d'actualisation choisi est décroissant à partir de la 30^e année. Il est donc dépendant de l'année de la perte ou du gain.

- o au-delà de 3 jours d'inondation et en deçà de 6 jours d'inondation, la vendange sera réalisée manuellement pour éviter de perdre la récolte ;
- o au-delà de 6 jours d'inondation, la récolte sera entièrement perdue car arrivée à surmaturité, et la vendange ne sera donc pas réalisée.

Dans le cas d'une culture annuelle, si la culture inondée est abandonnée, l'exploitant ne continuera pas son itinéraire technique et économisera donc les consommations intermédiaires qui auraient dû être faites jusqu'à la fin du cycle. Les principaux postes de charges étant le semis et la récolte, le calcul des dommages sera ici simplifié, en considérant que les charges économisées correspondent aux charges de récolte (non encore engagées dans le cas des récoltes en maraîchage qui sont étalées ou dans leur totalité pour les autres cultures).

$$\Delta CI = -CI_{t \text{ inond}} + CI_{t \text{ fin}} - CI_{\text{récolte}} \quad [\text{en cas d'abandon de la culture inondée}]$$

Où :

$CI_{t1,t2}$ sont les consommations intermédiaires entre la date $t1$ et $t2$;

t_{inond} la date d'inondation ;

t_{fin} la date de fin du cycle (récolte) ;

CI_X les consommations intermédiaires liées à l'opération X.

Cas des cultures pérennes

Si le matériel végétal n'est pas impacté, les consommations intermédiaires ne sont pas modifiées même avec des pertes de rendement de 100 %. En effet, pour assurer l'entretien du matériel végétal, toutes les opérations sont menées de la même façon après survenue d'une inondation, sauf la récolte dans le cas d'une récolte manuelle. La variation de consommations intermédiaires l'année de l'inondation doit alors être calculée sur la base de la perte totale de rendement. On rappelle que dans le cas d'une récolte mécanisée, les charges ne varient qu'en fonction des pertes de matériel végétal, (voir partie précédente).

Pour une culture pérenne, la variation de consommations intermédiaires l'année de l'inondation est alors égale à (quelle que soit la stratégie adoptée par l'agriculteur) :

$$\text{si } [\beta + (1 - \beta) \cdot \alpha] > 90 \% :$$

$$\Delta CI = CI_{\text{récolte}} + \Delta \text{Traitements} \cdot CI_{\text{traitement}}$$

$$\text{si } [\beta + (1 - \beta) \cdot \alpha] \leq 90 \% :$$

$$\text{Récolte manuelle} : \Delta CI = [\beta + (1 - \beta) \cdot \alpha] \cdot CI_{\text{récolte}} + \Delta \text{Traitements} \cdot CI_{\text{traitement}}$$

$$\text{Récolte mécanisée} : \Delta CI = \beta \cdot CI_{\text{récolte}} + \Delta \text{Traitements} \cdot CI_{\text{traitement}}$$

Où :

β est le coefficient de perte de matériel végétal ;

α est le coefficient de baisse de rendement ;

CI_X les consommations intermédiaires liées à l'opération X ;

$\Delta \text{Traitements}$ est le nombre de traitements supplémentaires à réaliser.

Cas du maraîchage

La récolte des légumes en maraîchage peut être étalée sur une période relativement longue (quelques mois). Si une inondation survient alors que la récolte a débuté, elle n'impactera que la production encore en place ou à venir, qui sera entièrement perdue du fait de la forte vulnérabilité de ces cultures. Les économies de frais de récolte et la perte de production devront donc être calculées en tenant compte des charges de récolte déjà engagées et de la production déjà récoltée.

Pour calculer la proportion de légumes non encore récoltés, une hypothèse simplificatrice est considérée : la récolte, en termes de production récoltée et de charges de récolte engagées, s'étale de façon homogène sur toute la période de récolte.

c) Poursuite et abandon de la culture inondée (cas des cultures annuelles)

La poursuite ou l'abandon d'une culture sont ici traités par rapport à d'éventuelles pertes de récoltes sans considérer les pertes de matériel végétal. Le cas des cultures pérennes est traité dans les « Dommages au matériel végétal ».

La poursuite ou l'abandon d'une culture dépendent des pertes de rendement prévues et de la période dans le cycle à laquelle survient l'inondation. Au-delà d'un certain seuil de perte de rendement, l'agriculteur décidera d'abandonner la culture impactée car la récolte réalisée ne lui permettra pas forcément de couvrir ses frais. La décision d'abandonner une culture impactée dépend donc aussi de la date à laquelle survient l'inondation et des charges déjà engagées à ce moment-là. En général, plus l'inondation survient tard dans le cycle, moins l'agriculteur prendra le risque d'abandonner la culture, sachant que la plus grande part des frais a déjà été engagée.

Pour chaque culture, des règles de décision combinant pertes de rendement attendues et date de l'inondation seront fournies.

d) Cas des plantes annuelles : implantation d'une nouvelle culture

Lorsque la culture inondée est abandonnée, les agriculteurs peuvent envisager de ressemer la même culture ou de semer une autre culture selon les possibilités offertes par le calendrier. De nouvelles charges seront alors engagées et une production pourra être valorisée, modifiant ainsi les dommages initialement prévus. Toutefois, il faut tenir compte du fait que les rendements des cultures semées ou plantées tardivement sont généralement moindres par rapport à un rendement normal.

Le cas échéant, l'hypothèse est faite que les agriculteurs ne modifient leur assolement que l'année de survenue de l'inondation et qu'il n'y a pas de répercussion les années suivantes.

Les principaux postes de charges pour les cultures annuelles étant le semis (ou plantation) et la récolte, le calcul des dommages est ici simplifié en ne considérant que ces deux postes de dépenses lors qu'une nouvelle culture est implantée.

Les dommages liés à l'implantation d'une nouvelle culture correspondante à une seconde variation du produit et une seconde variation de consommations intermédiaires, notés Δ Produit2 et Δ CI2, sont calculés de la façon suivante :

$$\Delta \text{Produit}2 = \alpha 2 \cdot R2 \cdot PV 2$$

$$\Delta \text{CI} 2 = \text{CI} 2 \approx \text{CI} 2 \text{ semis} + \text{CI} 2 \text{ récolte}$$

Où :

$\alpha 2$ est le coefficient de rendement pour la nouvelle culture ;

R2 le rendement à l'hectare de la nouvelle culture ;

PV 2 le prix de vente de la nouvelle production ;

CI2 les consommations intermédiaires pour la nouvelle culture ;

CIX les consommations intermédiaires liées à l'opération X.

Lorsque la même culture est ressemée, les valeurs de rendement, de prix de vente, et de consommations intermédiaires sont alors les mêmes que dans l'évaluation des dommages liés à la culture inondée.

Lorsqu'une nouvelle culture est semée, les possibilités envisageables sont données dans la méthodologie, ainsi que les règles permettant de faire des hypothèses pour le choix de l'une d'entre elles. Les coefficients de baisse de rendement due à un semis tardif pour les différentes cultures envisagées seront fournis dans la méthodologie.

3.4.2.6. Dommmages au sol

Les sols des parcelles peuvent subir des dégâts du fait d'une inondation. Leur remise en état peut consister en des opérations mécaniques (nettoyage, labour, nivellement, apport de terre en cas d'érosion) ou l'apport d'amendement (matière organique, gypse) selon les dégâts causés par l'aléa.

Les dommages comprennent la réalisation de ces opérations : main-d'œuvre, carburant, location d'équipement le cas échéant, achat d'amendements.

Pour chaque type de culture, la liste des opérations à réaliser sera fournie en fonction des paramètres de l'aléa. Les dommages au sol DS par type de cultures pourront ainsi être calculés de la façon suivante :

$$D_S = \sum_y d_{op}(y) \cdot (C_{MO} + C_{Mat}) + \sum_u q_{Amend}(u) \cdot C_{Amend}(u)$$

Où :

dop(y) est la durée nécessaire à la réalisation de l'opération y ;

CMO est le coût horaire de la main-d'œuvre ;

CMat est le coût horaire d'utilisation du matériel nécessaire ;

qAmend(u) est la quantité d'amendement u à apporter ;

CAmend(u) est le coût unitaire de l'amendement u.

Les dommages au sol (DS) dépendent principalement :

- de la vitesse du courant à l'origine d'érosion forte par exemple ou du dépôt de grandes quantités de débris ;
- du caractère salin de l'eau, de la texture du sol et de la durée de submersion, pouvant causer des impacts spécifiques nécessitant l'élimination de la sodicité ou la restauration de la matière organique ;
- de la charge en sédiments lorsque l'inondation apporte de grandes quantités de matière qui doivent être intégrées au sol ;

Dans un premier temps, il est fait l'hypothèse que la hauteur d'eau n'intervient pas ; si des hypothèses différentes peuvent être dégagées avec les experts, elles seront prises en compte. La période de l'année n'intervient pas dans ces dommages.

Les temps d'intervention ou les quantités d'amendements nécessaires seront fournis selon les modalités combinant les paramètres cités ci-dessus.

3.4.2.7. Dommmages liés aux animaux d'élevage

En cas d'inondation, les animaux peuvent être fragilisés (blessures, maladies, stress) ou tués selon le type d'animaux, les caractéristiques de l'aléa et les possibilités d'évacuation du cheptel. En effet, selon la période de l'année, les animaux peuvent se trouver dans les bâtiments ou dans les prés. Leur localisation joue un rôle déterminant dans la possibilité d'évacuation.

Seules les conséquences en termes de pertes d'animaux sont considérées car les autres types de conséquences sont difficiles à prévoir et à quantifier (stress, baisse de production chez les animaux vivants, avortements, etc.). Lorsque des animaux sont perdus, les dommages associés sont :

- la perte de leur valeur en viande ou de leur production (lait ou œufs) ou des revenus qu'ils auraient rapportés (taureaux), l'année de l'inondation et le temps d'entrée en production ou de valorisation des nouveaux animaux ;
- le coût de rachat du même nombre d'animaux (il est fait l'hypothèse que les éleveurs reconstituent toujours leur troupeau).

Il existe également des pertes liées au redémarrage d'un nouveau troupeau du fait de la perte du capital génétique sélectionné auparavant (production ou fertilité moindre). Toutefois, ces pertes sont difficilement chiffrables, elles ne sont donc pas non plus prises en compte.

a) Recensement des animaux exposés et possibilités d'évacuation

Pour évaluer les dommages d'une inondation sur les animaux d'élevage, il est nécessaire *a minima* de connaître le nombre d'animaux exposés à l'aléa. Cela dépend de deux facteurs principaux :

- la localisation des animaux dans les bâtiments ou dans les prairies, qui dépend des types d'animaux, du type d'élevage (intensif ou extensif), de la catégorie d'animaux et de la période de l'année, les animaux peuvent être dans un bâtiment ou dans les prairies ;
- la possibilité d'évacuer les animaux ou pour eux de s'enfuir vers un terrain ou un bâtiment hors zone inondable, qui dépend des types d'animaux, de leur localisation et de la rapidité de l'inondation.

Les courbes de dommages seront fournies selon la localisation des animaux en bâtiments ou à l'extérieur. Les calendriers de conduite des cheptels (périodes en bâtiments ou en pâturages) devront donc être établis localement par l'utilisateur pour traduire les courbes en fonction de la date d'occurrence de l'inondation. Des hypothèses simples pourront également être faites pour la localisation de certains types d'animaux : par exemple volailles et porcs en bâtiments toute l'année.

Un coefficient d'évacuation traduisant la possibilité de déplacer les animaux sera proposé par type d'élevage, dépendant de la localisation des animaux, des conditions d'élevage (intensif/extensif) et de la rapidité de l'inondation. Ce coefficient permettra de calculer le nombre d'animaux réellement exposés à l'inondation.

b) Variations de charges

Pour une exploitation d'élevage, les consommations intermédiaires peuvent varier du fait de plusieurs types de contraintes : des contraintes en termes d'alimentation des animaux, ou des contraintes de localisation et de conduite des animaux par exemple.

Toutefois, les variations susceptibles d'être prises en compte dans le modèle (voir la partie périmètre des dommages) sont déjà presque toutes intégrées via l'évaluation des dommages sur les autres composantes. En effet, les pertes de fourrage et d'aliments correspondent à des pertes de récolte ou de stocks, la réparation des dégâts sur les clôtures ou les abreuvoirs est évaluée dans les dommages au matériel. Les éventuelles charges supplémentaires dues à l'indisponibilité du matériel, des bâtiments ou des prairies ne sont pas évaluées avec la méthode actuelle car elles correspondent à des dommages induits.

c) Calcul des dommages

Pour le calcul des dommages liés à la perte d'animaux, l'utilisateur devra établir localement des données :

- la production moyenne ou rendement par animaux et par an et le prix de vente moyen de chaque production recensée pour permettre le chiffrage des dommages ;
- le coût de rachat d'une bête et la durée nécessaire avant son entrée en production ou sa valorisation.

Une fois le nombre d'animaux exposés estimés grâce au coefficient d'évacuation, le nombre d'animaux tués sera calculé à l'aide de coefficients d'endommagement, notés μ , fournissant le pourcentage d'animaux perdus par rapport au nombre d'animaux touchés, et fonction des caractéristiques de l'aléa. Le dommage lié aux animaux d'élevage, noté DA , pour un cheptel considéré est alors calculé de la façon suivante :

$$D_A = \sum_{i=0}^{d_{prod}} \left[N \cdot \gamma \cdot \mu \cdot R \cdot P_V \cdot \prod_{j=0}^i \frac{1}{1+r_j} \right] + N \cdot \gamma \cdot \mu \cdot I$$

Où :

- N est le nombre d'animaux dans le cheptel exposé à l'inondation ;
- γ est le coefficient d'évacuation des animaux ;
- μ est le coefficient de perte d'animaux ;
- R le rendement par animal ;
- PV le prix de vente espéré de la production ;
- dprod est le nombre d'année avant que les animaux soient productifs ;
- I est le coût d'investissement pour le rachat d'un animal ;
- r_i le taux d'actualisation pour l'année i .

Les coefficients de pertes d'animaux dépendent de plusieurs caractéristiques de l'aléa :

- la hauteur d'eau car les animaux ne peuvent généralement plus se tenir debout lorsque l'eau atteint une certaine hauteur ;
- le courant qui peut emporter les animaux et donc causer leur noyade ;
- la durée d'inondation qui intervient relativement peu et n'est donc pas prise en compte.

3.4.3. Dommages agrégés par enjeux

Les courbes de dommages élémentaires présentées ci-dessus permettent de calculer les dommages pour chaque composante élémentaire des enjeux agricoles. Toutefois lors de la phase de recensement des activités agricoles d'une étude, les données qui peuvent généralement être obtenues sont :

- les bâtiments agricoles et l'activité de l'exploitation à laquelle ils appartiennent ;
- la taille de l'exploitation correspondante ou à défaut la taille moyenne des exploitations à l'échelle locale ;
- les parcelles et la culture dominante ou l'assolement présent dessus ;
- le nombre d'animaux par catégorie présents sur les parcelles ou dans les bâtiments, ou à défaut le nombre moyen d'animaux par hectare de prairie ou bâtiment d'élevage sur un territoire donné.

Pour une utilisation pertinente de la méthode et des courbes construites, il est conseillé de disposer *a minima* de ces données.

Les enjeux représentés par les bâtiments et les parcelles agricoles doivent également être géolocalisés, afin de pouvoir croiser ces données avec la modélisation de l'aléa et ainsi connaître les caractéristiques d'aléa auquel chaque enjeu est exposé.

Les dommages à un bâtiment sont alors obtenus par addition des dommages au bâtiment lui-même, au matériel et aux stocks qu'il contient. Les dommages aux parcelles sont obtenus par addition des dommages au matériel végétal (pour les cultures pérennes), à la récolte, au sol et aux équipements présents dessus. Les animaux, selon la date et les pratiques locales, sont rattachés soit à un bâtiment, soit à une surface agricole.

Les dommages agricoles totaux sur une zone peuvent ensuite être obtenus par addition des dommages aux enjeux identifiés (bâtiments et surfaces agricoles) sur la zone.

3.4.3.1. Dommages par enjeux

a) Dommages aux bâtiments

Le calcul des dommages aux bâtiments sur la base des dommages aux composantes élémentaires le constituant (bâtiment, matériels et stocks) requiert la définition d'une typologie de bâtiments agricoles dans laquelle chaque type est caractérisé par une activité agricole, un type de bâtiment (caractérisé par sa configuration, son matériau, sa superficie), un parc matériel (liste des machines et outils) et un stock moyen (quantité des différents stocks).

Bien que la diversité de combinaisons potentielles entre ces trois composantes élémentaires des bâtiments soit grande, il est conceptuellement envisageable de proposer des courbes de dommages par enjeu, c'est-à-dire par bâtiment, utilisables sur l'ensemble du territoire.

Recensement des bâtiments

Une exploitation agricole peut posséder plusieurs bâtiments, distincts du siège d'exploitation, et pas forcément situés au même endroit. Pour réaliser une étude sur un territoire donné, il semble donc nécessaire de disposer des informations permettant de localiser géographiquement les bâtiments agricoles, et fournissant un certain nombre de descriptifs de ces bâtiments (activité de l'exploitation, surface de bâtiment, configuration, matériau).

Dans l'état actuel des recherches, il ne semble pas exister de base d'informations universelle et facilement accessible contenant les données souhaitées. En dehors des territoires où des bases de données locales peuvent exister, deux solutions permettant d'obtenir un niveau de précision très différent se dégagent tout de même :

- la photo-interprétation du territoire pour localiser les bâtiments et déterminer leur surface, complétée par une étude de terrain pour relever leurs caractéristiques ;
- la localisation des sièges d'exploitation sur la base du répertoire Sirene (à condition qu'il n'y ait pas trop d'erreur de géolocalisation), complétée par des entretiens auprès d'experts agricoles locaux pour déterminer les caractéristiques moyennes des bâtiments sur le territoire. Cette méthode peut être mise en œuvre si les parcs moyens de bâtiments d'exploitation sont connus (voir paragraphe suivant).

À défaut d'autre source de données exploitable, la BD Sirene peut être utilisée à condition de faire l'hypothèse forte que les bâtiments sont regroupés autour du siège d'exploitation. Il faut alors également disposer d'une typologie moyenne de parcs de bâtiments associés aux types d'exploitation (par exemple, 1 hangar de stockage de 100 m² et 1 bâtiment fermé de 70 m² *a minima* pour une exploitation en grandes cultures de X ha).

Parcs matériels

Pour la construction de parcs matériels complets, il faudrait idéalement connaître la liste et le nombre des équipements moyens associés à une exploitation selon ses caractéristiques (activité et taille) et selon son profil (fonctionnement en CUMA, matériel en propre, sous-équipée, sur-équipée, désherbage chimique, désherbage mécanique, etc.). Ces caractéristiques peuvent être difficilement appréhendables car propres à chaque exploitation et pas forcément homogènes selon les zones géographiques par exemple.

Dans l'état actuel des recherches, il ne semble pas exister de base d'informations universelle et facilement accessible contenant les données souhaitées. En dehors des territoires où des bases de données locales peuvent exister, la solution envisageable pour l'instant serait de repartir de parcs déjà existants (ceux de l'étude Symadrem par exemple) pour les compléter et valider avec l'aide d'experts agricoles de plusieurs régions françaises. Le but est ainsi de construire des parcs matériels moyens minimums et maximums par type d'exploitation.

Les équipements proposés dans nos parcs matériels seront une moyenne de ce qui peut exister à l'échelle nationale. Lors d'une étude, ces parcs devront être rediscutés avec des experts locaux afin de les adapter aux spécificités locales selon les profils d'exploitations les plus répandus. A priori, il sera difficile d'intégrer l'âge du matériel dans les parcs qui seront construits.

La répartition des différents équipements des parcs entre les bâtiments localisés sur la zone d'étude devra également être faite localement. Ce travail représentera une charge plus ou moins lourde selon si l'on connaît les bâtiments rattachés à une même exploitation ou non. Pour aider, les experts peuvent fournir des informations sur le territoire et/ou des enquêtes de terrain peuvent être réalisées.

À titre indicatif et sur la base des parcs matériels moyens, des courbes de dommages par parc matériel pourront être proposées.

Stocks moyens

Pour évaluer les dommages d'une inondation sur les stocks agricoles, il est nécessaire *a minima* de connaître les quantités de chaque type de stock exposées à l'aléa, selon les caractéristiques du bâtiment les abritant (activité et taille de l'exploitation, type de bâtiment), ainsi que le mode de stockage le plus répandu pour chaque type de stock (en armoire étanche, sur palettes, etc.).

Dans l'état actuel des recherches, il ne semble pas exister de base d'informations universelle et facilement accessible contenant les données souhaitées. La meilleure solution, semble donc pour l'instant de repartir de données partielles existant dans des études précédentes (étude Symadrem notamment) en les complétant à l'aide de données comptables comprenant la valeur des stocks et avec l'aide d'experts agricoles. Le but est ainsi de construire des stocks moyens par type d'exploitation, caractérisés par leur quantité ou leur valeur présente dans l'exploitation tout au long de l'année.

Les quantités de stocks proposées dans notre méthodologie seront des moyennes à l'échelle nationale. Lors de la réalisation d'une étude locale, il est nécessaire de valider les données utilisées auprès d'experts agricoles locaux afin de tenir compte d'éventuelles spécificités locales.

Dommmages par bâtiment

Ainsi, pour le calcul des dommages, les éléments devant être établis localement sont :

- la localisation des bâtiments ou à défaut la localisation du siège d'exploitation complétée par l'utilisation des parcs de bâtiments qui seront proposés ;
- l'activité de l'exploitation à laquelle appartiennent les bâtiments ;
- la taille de l'exploitation à laquelle appartiennent les bâtiments ou à défaut la taille moyenne des bâtiments sur la zone d'étude sera utilisée.

Ensuite, les parcs moyens de matériels et les stocks moyens seront proposés, permettant ainsi le calcul des dommages d'une inondation par bâtiment ou parc de bâtiment, noté DBA.

$$DBA=DB+DM+DSt$$

Où :

DB sont les dommages au bâtiment lui-même ;

DM les dommages au matériel ;

DSt les dommages aux stocks.

b) Dommages aux surfaces agricoles

Les dommages aux parcelles correspondent aux dommages au matériel végétal (pour les cultures pérennes), aux récoltes, aux équipements et au sol. Le calcul des dommages requiert de connaître la superficie de surfaces agricoles exposées à l'aléa et leur localisation afin de pouvoir connaître les caractéristiques de l'aléa sur l'ensemble de ces surfaces agricoles par croisement avec la modélisation de l'aléa. Le RPG (Registre Parcellaire Graphique) fournit notamment ces informations sur les parcelles agricoles.

Les fonctions de dommages élémentaires fournissent le dommage à la récolte, au matériel végétal, au sol et aux équipements par type de culture et par hectare. Les dommages par parcelle s'obtiennent alors par multiplication de ces dommages par la superficie de la parcelle puis addition entre eux de ces termes. Les dommages pour une parcelle, notés DP, soumise à un aléa homogène se calculent donc de la façon suivante :

$$DP=DC+DMV+DS+DM$$

Où :

DC sont les dommages à la culture ;

DMV les dommages au matériel végétal ;

DS les dommages au sol ;

DM les dommages au matériel.

c) Dommages aux animaux

Les dommages aux animaux correspondent aux dommages élémentaires décrits dans le paragraphe précédent et détaillé dans la fiche annexée correspondante. Localement, les rendements moyens, les prix de vente, et le nombre d'animaux par catégorie seront à établir pour le calcul de ces dommages.

3.4.3.2. Considérations supplémentaires pour l'utilisation des courbes de dommages

Les courbes de dommages qui seront fournies ou les méthodes pour les obtenir ont été décrites ci-dessus. Selon les situations locales, des adaptations supplémentaires peuvent être nécessaires. Quelques éléments méthodologiques pour que l'utilisateur puisse adapter la méthodologie fournie sont décrits ci-dessous.

a) Agrégation des courbes en fonction de la typologie

Les courbes de dommages construites sont disponibles par activité (type de culture ou d'exploitation). Selon l'effort déployé pour le recensement des enjeux agricoles et selon les données d'occupation des sols disponibles, la typologie d'enjeux dont dispose l'utilisateur peut être moins détaillée que celle des courbes de dommages.

De nouvelles courbes de dommages doivent alors être construites en agrégeant les courbes initiales des activités selon la part que représente chacune d'elles dans la catégorie considérée. Il faudra donc établir localement la composition en pourcentages de cultures de chacune des classes d'occupation des sols agricoles, et de même pour la répartition des activités des bâtiments agricoles.

b) Cas des rotations culturales

Des scénarii de rotation culturale auront pu être établis pour des parcelles recensées localement. L'évaluation des dommages doit donc permettre d'en tenir compte.

Les dommages seront d'abord calculés pour chacune des cultures de la rotation. Une moyenne pondérée de ces dommages sera ensuite calculée. Les facteurs de pondération sont les probabilités de présence de chaque culture pour une année (exemple pour une rotation blé-blé-riz : blé 2/3 – riz 1/3).

c) Cas d'événements d'ampleur importante : effets macroéconomiques

En cas d'événement d'ampleur extrême, les prix des achats (intrants, fourrage, matériel) peuvent être augmentés. Des indications pour en tenir compte seront proposées afin de tenir compte des possibles pénuries. Ainsi un facteur d'augmentation des prix pourra être proposé. Les dommages pourront donc être estimés grâce à une valeur minimale correspondant à une situation sans perturbation des marchés et une valeur maximale en cas de répercussions de l'inondation sur les prix agricoles.

4. Conclusion – résumé non technique

Comme indiqué dans le cahier des charges, cette partie doit synthétiser les **effets positifs et négatifs** des mesures proposées. Afin d'obtenir le tableau final prévu dans le cahier des charges, il est proposé de rassembler les résultats issus de l'étude des indicateurs et de l'ACB sous la forme suivante :

L'ACB fournit des indicateurs qui peuvent être mis sur le même plan que les indicateurs non monétarisés et non synthétiques.

Type de conséquence	Effets positifs des mesures proposées (partie indicateurs)	Effets négatifs des mesures proposées (partie indicateurs)	Conclusion : effets du projet sur le type de conséquence pris en compte
Santé humaine			
Environnement			
Patrimoine culturel			
Économie			
Résultats de l'ACB (Dommage crue max, DMA avec mesure, DEMA, VAN, rapport B/C...)			

ANNEXES CONVENTIONNELLES

Bibliographie

Plusieurs documents peuvent aider à la rédaction d'une analyse multicritères. Quelques exemples figurent ci-dessous :

CEPRI-CNRS-Université de Tours-UMR CITERES. Méthodoloire - Développement d'une méthodologie de mise en perspective des dommages économiques à l'échelle du bassin fluvial de la Loire - Rapport final. 178 pages.

DREAL Rhône-Alpes – Prolog Ingénierie. Étude approfondie des conditions d'inondations des îles de La Motte (30) et de l'Oiselet (84), et de la faisabilité d'une remise en eau pour des crues rares du Rhône. Septembre 2011. 117 pages.

DIREN Rhône-Alpes – SOGREAH. Analyse économique du scénario d'optimisation des zones d'expansion de crues entre Viviers et Beaucaire. Mai 2008. 26 pages.

Projet EVA « Évaluation de la vulnérabilité agricole » - Cemagref, Agence de l'eau RMC, DIREN Rhône-Alpes/Plan Rhône – 3 mars 2010.

DIREN Rhône-Alpes – SOGREAH. Analyse économique du pré-schéma sud à l'aval de Beaucaire. Octobre 2007. 45 pages

Rapport de mission Étude Charente entre Saintes et Rochefort. SOGREAH pour EPTB Charente. 2004 (informations issues du manuel des pratiques existantes, juin 2008 du CEPRI)

Formation-action sur la valorisation économique totale d'un bien environnemental - Le cas de la réserve naturelle des Ramieres du Val de Drôme. ACTeon/EMA Conseil pour la DREAL Rhône-Alpes.

Pauline Brémond. Caractérisation et évaluation économique de la vulnérabilité des exploitations agricoles aux inondations. Thèse université Montpellier I - Faculté d'économie. 4 janvier 2012.

Conseil général du Gard – Observatoire du risque inondation – Estimation des surfaces urbanisées en zone inondable dans le département du Gard. Analyse départementale. Mise à jour 2006. Méthodologie également disponible sur le site internet de l'Observatoire du risque inondation du Gard : <http://orig.cg-gard.fr/orig/ori/tab/result>

DREAL Rhône-Alpes – Ledoux Consultant – Egeo Solutions. Analyse coût-bénéfice, un outil d'aide à la décision pour optimiser les projets de prévention des risques d'inondation (guide d'accompagnement, catalogue de fonctions de dommages, base de données des enjeux en zone inondable du Rhône). Novembre 2010. 32 pages (guide d'accompagnement) : www.planrhone.fr

IRSTEA. Analyse coût-bénéfice – Dommages évités de projets de prévention des inondations : guide pour la prise en compte des incertitudes. Septembre 2011. 42 pages.

Autres références bibliographiques ayant servi à l'élaboration du présent guide :

D. Lebègue, « Révision du taux d'actualisation des investissements publics », 2005.

E. Penot, « Note sur l'utilisation des concepts et définitions en micro-économie et sciences de gestion » pp. 1-24, 2007.

C. Devaux-Ros, « Évaluation des enjeux et des dommages potentiels liés aux inondations en Loire moyenne : Méthodes et principaux résultats », 2000.

SIEE, « Étude globale pour une stratégie de réduction des risques dus aux crues du Rhône : évaluation des impacts des crues dans la situation actuelle », 2003.

Symadrem, « Étude du renforcement de la digue du Rhône rive droite entre Beaucaire et Fourques », 2010.

S. Foerster, B. Kuhlmann, K. E. Lindenschmidt, A. Bronstert, and S. Förster, « Assessing flood risk for a rural detention area » *Natural Hazards and Earth System Sciences*, vol. 8, pp. 311-322, 2008.

E. C. Penning-Rowsell et al., *Multi-Coloured Manual: the benefits of flood and coastal defence*. 2003.

C. Deleuze, « Évaluation de fonctions de coûts économiques des dommages aux cultures dus aux inondations », 1991.

V. Meyer and F. Messner, « National Flood Damage Evaluation Methods: a Review of Applied Methods in England, the Netherlands, the Czech Republic and Germany », 2005.

US Army Corps of Engineers, « Agricultural Flood Damage Analysis », 1985.

M. Poirée and C. Ollier, « Assainissement agricole: drainage par tuyaux ou fossés, aménagement des cours et émissaires », 1973.

M.-H. Mirabel, « Comptabilité agricole: tome 2/2 » in *Gestion de l'exploitation agricole*, CNPR, 2008.

Glossaire

Aléa inondation : Possibilité d'une inondation d'occurrence et d'intensité données.

Courbe de dommage : fonction définie pour un enjeu, qui associe aux paramètres hydrologiques et/ou hydrauliques de l'inondation le montant des dommages en valeur absolue induits par l'inondation de l'enjeu. Les paramètres les plus fréquents sont la hauteur maximale de submersion, mais peuvent dépendre d'autres paramètres comme la saison d'occurrence, la durée de la submersion, la cinétique de l'inondation (rapide ou lente). Exemple fictif pour un logement : $\text{Dommage} = 5000 + 10\,000 \cdot H$ avec H la hauteur d'eau dans le bâtiment. Donc si H = 1 mètre, le dommage pour cette habitation est de 15 000 euros.

Courbe d'endommagement : fonction équivalente à la courbe de dommage, sauf qu'elle exprime les dommages relativement à un indicateur de « bon » état de l'enjeu, qui peut être la valeur de l'enjeu (dommages directs) ou une évaluation de l'activité de l'enjeu (dommages indirects).

Exemple fictif : $\text{Dommage} = H \cdot 15\% \cdot \text{valeur de la construction du logement}$, avec H la hauteur d'eau dans le bâtiment. Donc pour H = 1 mètre et un logement de 100 000 euros, le dommage est de 15 000 euros.

Dommmages : Préjudice causé par un aléa naturel. On distingue :

- les dommages directs : correspondent à des dégâts matériels (destruction, endommagement) imputables à l'impact physique de l'inondation (D4E, 2007) ;
- les dommages indirects : sont les conséquences, sur les activités ou les échanges, des dégâts matériels (par exemple la perte d'exploitation d'une entreprise suite à la destruction de ses stocks ou de l'outil de production) (D4E, 2007) ;
- les dommages intangibles : sont les dommages à des personnes et des biens pour lesquels il n'existe pas de marché ad hoc, et donc difficilement monétarisables en l'état actuel des connaissances. Par exemple : le stress, les modifications du paysage, la pollution...

Efficacité : capacité d'une mesure à parvenir aux objectifs qui lui ont été fixés.

Efficience : qualité de rendement d'une mesure. Le terme d'efficience sous-entend une optimisation des ressources pour parvenir à un niveau donné d'efficacité.

Enjeux : Personnes, biens, activités, moyens, patrimoine, environnement etc. susceptibles d'être affectés directement ou indirectement par un aléa naturel.

Inondation : submersion temporaire par l'eau de terres qui ne sont pas submergées en temps normal. Cette notion recouvre les inondations dues aux crues des rivières, des torrents de montagne et des cours d'eau intermittents méditerranéens ainsi que les inondations dues à la mer dans les zones côtières (directive Inondation, 2007).

Mesure : action de prévention (actions de protection, de prévision, de mitigation...) du risque d'inondation. Une mesure peut être structurelle (principalement des travaux d'ingénierie hydraulique) ou non structurelles (principalement réduction de la vulnérabilité).

Risque d'inondation : la combinaison de la probabilité d'une inondation et des conséquences négatives potentielles pour la santé humaine, l'environnement, le patrimoine culturel et l'activité économique associée à une inondation (directive Inondation, 2007).

Liste des abréviations

ACB : Analyse coûts-bénéfices
 AMC : Analyse multi-critères
 AS : Autorisé avec servitude
 ASN : Autorité de sûreté nucléaire
 ARS : Agence régionale de santé
 BD : Base de données
 BTP : Bâtiment-Travaux publics
 CCR : Caisse centrale de réassurance
 CERTU : Centre d'études sur les réseaux, les transports, l'urbanisme et les constructions
 CGDD : Commissariat général au développement durable
 CLC : CORINE Land Cover
 DATAR : Délégation interministérielle à l'aménagement du territoire et à l'attractivité régionale
 DBO5 : Demande biochimique d'oxygène en 5 jours
 DDRM : Dossier départemental des risques majeurs
 DDT(M) : Direction départementale des territoires (et de la mer)
 DGFiP : Direction générale des finances publiques
 DGPR : Direction générale de la prévention des risques
 DIR : Direction interrégionale des routes
 DIRECCTE : Direction régionale des entreprises, de la concurrence, de la consommation, du travail et de l'emploi
 DOM : Département d'outre-mer
 DRAC : Direction régionale des affaires culturelles
 DREAL : Direction régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement
 EH : Équivalent habitant
 EPTB : Établissement public territorial de bassin
 HTA : Haute tension A (ou moyenne tension)
 HTB : Haute tension B
 ICPE : Installation classée pour la protection de l'environnement
 IGN : Institut national de l'information géographique et forestière
 INB : Installation nucléaire de base
 INSEE : Institut national de la statistique et des études économiques
 IPPC : Integrated Pollution Prevention and Control
 IRIS : Ilot regroupé pour l'information statistique
 MAPAD : Maison d'accueil pour les personnes âgées dépendantes
 MEDDE : Ministère de l'Écologie, du Développement durable et de l'Énergie
 MNHN : Muséum national d'histoire naturelle
 NAF : Nomenclature d'activités française
 OPAH : Opération programmée d'amélioration de l'habitat
 ORSEC (dispositif) : Organisation de la réponse de sécurité civile
 PAC : Politique agricole commune
 PC : Poste de commandement
 PCS : Plan communal de sauvegarde
 PFMS : Plan familial de mise en sécurité
 PIG : Projet d'intérêt général
 PLU : Plan local d'urbanisme
 PPMS : Plan particulier de mise en sécurité
 PPR : Plan de prévention des risques
 PSSI : Plan de secours spécialisé inondations
 RATP : Régie autonome des transports parisiens
 RER : Réseau express régional
 RFF : Réseau ferré de France
 RGP : Registre parcellaire graphique
 SCOT : Schéma de cohérence territoriale
 SDIS : Service départemental d'incendie et de secours
 SNCF : Société nationale des chemins de fer Français
 STEU : Station de traitement des eaux usées
 TMJA : Trafic moyen journalier annuel
 ZI : Zone inondable
 ZNIEFF : Zone naturelle d'intérêt écologique faunistique et floristique

Liste des bases de données mobilisées

SIRENE : Système informatique pour le répertoire des entreprises et de leurs établissements (base de données Insee)

BDHI : base de données des événements historiques (base de données DGPR)

GASPAR : Gestion assistée des procédures administratives relatives aux risques naturels et technologiques (base de données DGPR)

CLAP : Connaissance locale de l'appareil productif (base de données Insee)

BD TOPO : base de données du référentiel grande échelle (RGE) de l'IGN

MAJIC : base de données du foncier de la Direction générale des finances publiques (DGFIP)

Données de population carroyées : données de population par carreau de 200m x 200m (Insee)

FINESS : Fichier national des établissements sanitaires et sociaux (ministère des Affaires sociales et de la Santé)

BDERU : Base de données des Eaux résiduaires urbaines (ministère de l'Ecologie, du Développement Durable et de l'Énergie)

Base des installations classées (DGPR)

SINOE : Système d'information et d'observation de l'environnement (Ademe)

IREP : Registre français des émissions polluantes (DGPR)

INPN : Inventaire national du patrimoine naturel (Muséum national d'histoire naturelle)

S3IC : Système d'information de l'inspection des installations classées (DGPR)

Museofile : répertoire des musées français (ministère de la Culture)

CLC : CORINE Land Cover, base de données d'occupation du sol (CGDD/SOeS)

RPG : Registre parcellaire graphique : données de la politique agricole commune, disponibles sur le site du Géoportail

Barèmes d'indemnisation des calamités agricoles : base de donnée départementale établie par les DDT et les chambres d'agriculture

RGA : Recensement général agricole : données de structure sur les exploitations agricoles

SAA : Statistique agricole annuelle – Agreste : statistiques d'utilisation des terres et de production agricole (établies par les DREAL)

RICA : Réseau d'information comptable agricole – Agreste : rendements, produits bruts, prix, marges brutes et VA pour une exploitation type, classé par orientation technico-économique des exploitations

ANNEXES TECHNIQUES

Fiches indicateurs

Indicateur 1 : Nombre de personnes habitant en zone inondable + part communale

Description

Le calcul dénombre les personnes habitant dans un bâtiment situé en zone inondable, en incluant également les habitants des appartements situés dans les étages. Cet indicateur doit être calculé sans les mesures et avec les mesures, afin d'en connaître les effets. Pour les mesures concernant de grands territoires, l'indicateur doit être calculé au niveau communal et départemental.

Portée

Cet indicateur donne une information sur la population pouvant être impactée à son domicile, en situation de nuit, puisque la population active n'est de manière générale pas présente à son domicile dans la journée. L'indicateur ne prend pas en compte la population saisonnière. Le contexte local peut cependant nécessiter la représentation de la population saisonnière, en plus de la population habitant à l'année dans les communes concernées. On précisera alors son nombre et sa part maximum. Cet indicateur est présenté sous forme de nombre absolu, et sous forme de pourcentage par rapport à la population totale habitant dans la zone d'étude.

Limites

- La limite principale de cet indicateur provient des bases de données utilisées. En cas d'utilisation de la base de données BD Topo seule, l'identification des logements (puis de la population) parmi les polygones du bâti indifférencié n'est pas certaine.
- Afin d'améliorer la précision des résultats, il est préférable, lorsque c'est possible, d'utiliser les données carroyées de population (Insee) associées à la BD Topo ou les fichiers fonciers (MAJIC).

Périmètre de calcul

Ensemble des communes ayant une partie de zone inondable sur leur territoire.

Cas Particulier

Suivant le contexte local, décrit dans la partie « Éléments de contexte, diagnostic de territoire », il convient d'ajouter les informations suivantes : population maximale saisonnière par commune intégrant les capacités des communes en hébergement touristique/population recensée par l'Insee.

Données en entrée

- Nombre d'habitants sans double compte par carreau de 200x200 m⁹ (**source : Données Carroyées Insee**) :
http://www.insee.fr/fr/themes/detail.asp?reg_id=0&ref_id=donnees-carroyees&page=donnees-detaillees/donnees-carroyees/donnees-carroyees-200m.htm
 - Bâti de la BD Topo (classe BATI_INDIFFERENCIE) (**source : IGN**)
 - Zones d'activités de la BD Topo (classe SURFACE_ACTIVITE) (**source : IGN**)
- OU
- Bâti de la BD Topo (classe BATI_INDIFFERENCIE) (**source : IGN**)
 - Zones d'activités de la BD Topo (classe SURFACE_ACTIVITE) (**source : IGN**)
 - Recensement de population à l'Iris (source : Insee)
 - Contours Iris (source : IGN par exemple)
- OU
- Fichiers fonciers, à la parcelle (« MAJIC ») (**source : DGIFP**)
 - Recensement de population à l'Iris (source : Insee) ou nombre d'habitants sans double compte par carreau de 200x200 m

⁹ Pour les départements d'outre-mer, la donnée n'est parfois disponible que pour des carreaux de 1x1 km

Méthodes de calcul

Méthode 1 (préconisée : Carroyage et BD Topo)

- Croisement géographique des aléas et du carroyage de population Insee
- Sélection du bâti indifférencié de la BD Topo hors zone d'activités en retirant les bâtiments d'activités de la BD Topo (classe SURFACE_ACTIVITE).
- Suppression des bâtiments dont la hauteur est supérieure à 100 mètres
- Suppression des bâtiments de surface inférieure à 20 m²
- En cas de présence de bâtiments de hauteur inférieure à 3 mètres, imposer une hauteur égale à 3 mètres pour ces bâtiments
- Calcul de la surface développée par bâtiment = surface * hauteur/3
- Répartition de la population située dans chaque carreau intersecté par l'enveloppe de l'aléa, sur les bâtiments triés de la BD Topo, au prorata de leur surface développée
- Somme de la population des bâtiments situés à l'intérieur des scénarii d'événements, par commune
- Le calcul de population avec et sans mesure conduit à connaître l'évolution de la population communale en zone inondable suite aux aménagements projetés.
- La part communale de population en zone inondable est déduite à partir des données sur le recensement de population de l'Insee, à la commune.

Méthode 2 (BD Topo)

- Sélection du bâti indifférencié de la BD Topo hors zone d'activités en retirant les bâtiments d'activités de la BD Topo (classe SURFACE_ACTIVITE).
- Suppression des bâtiments dont la hauteur est supérieure à 100 mètres
- Suppression des bâtiments de surface inférieure à 20 m²
- En cas de présence de bâtiments de hauteur inférieure à 3 mètres, imposer une hauteur égale à 3 mètres pour ces bâtiments
- Calcul de la surface développée par bâtiment = surface * hauteur/3
- Répartition de la population à l'Iris sur tous les bâtiments, en fonction de leur surface développée (règle de 3)
- Calcul de la population dans les bâtiments en zone inondable
- Ratio entre la population estimée en zone inondable et la somme des populations des communes concernées. Pour les mesures concernant de grands territoires, même calcul sur les départements concernés.

Méthode 3 (MAJIC)

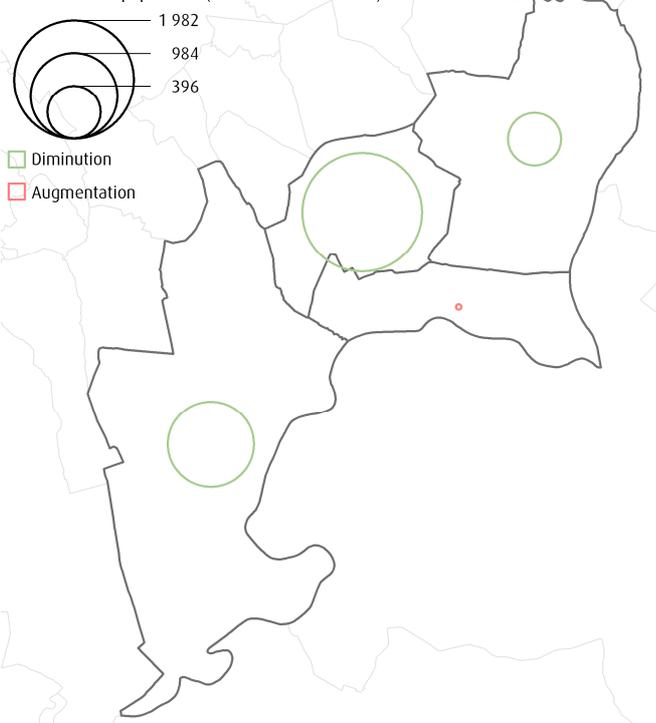
- Calcul du nombre de locaux de type habitation par parcelle
- Répartition de la population carroyée sur toutes les parcelles dans chaque carreau, en fonction du nombre d'habitations (règle de 3)
- Calcul de la population dans les parcelles en zone inondable
- Ratio entre la population estimée en zone inondable et la somme des populations des communes concernées. Pour les mesures concernant de grands territoires, même calcul sur les départements concernés.
- Méthode à appliquer avec et sans mesure par commune pour calculer une évolution.

Représentation cartographique

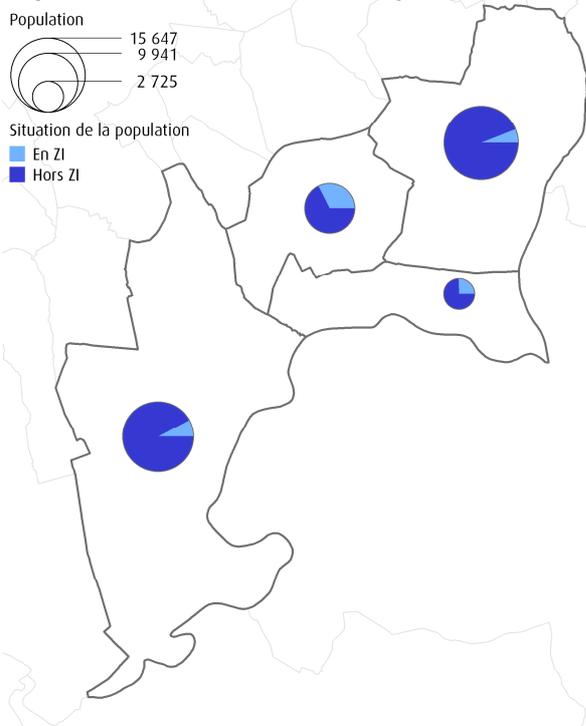
Evolution de la population en zone inondable sous forme de symbole proportionnel, par commune. Part communale sous forme de secteurs proportionnels (une carte avant mesures et une carte après mesures).

Évolution de la population en ZI suite aux aménagements

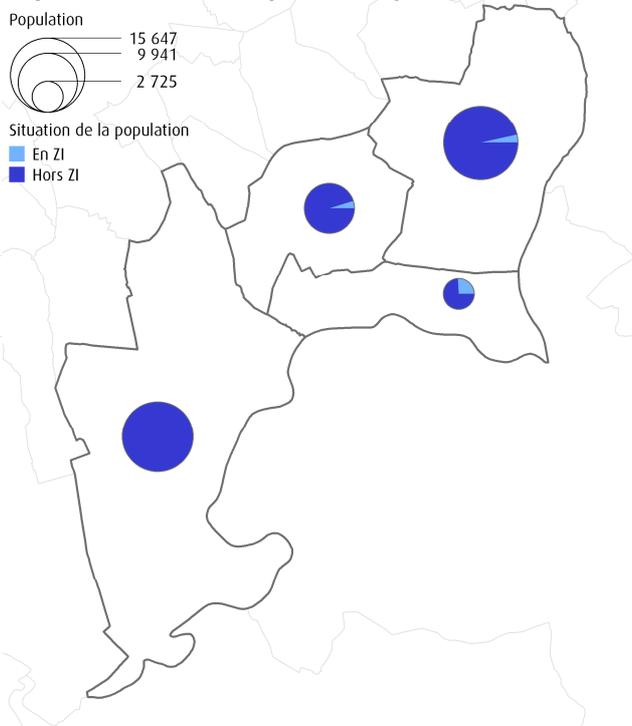
Évolution de la population (en nombre d'habitants)



Population communale avant aménagements



Population communale après aménagements



Indicateur 2 : Part des personnes habitant dans des logements de plain-pied en zone inondable par commune.

Description

Le calcul dénombre les personnes habitant dans un bâtiment sans étage situé en zone inondable, sur le nombre total de personnes habitant en zone inondable. Cet indicateur doit être calculé sans les mesures et avec les mesures, afin d'en connaître les effets.

Portée

Les bâtiments en rez-de-chaussée sont les plus vulnérables au risque d'inondation : les personnes ne peuvent se réfugier dans un étage hors d'eau, ne peuvent réintégrer facilement leur logement une fois l'événement passé, et de nombreux biens y sont endommagés.

Limites

- Ne sont pris en compte ici que les bâtiments de faible hauteur donc sans étage. Les appartements en rez-de-chaussée d'immeubles à un ou plusieurs étages ne sont pas pris en compte.
- L'identification des logements est l'une des incertitudes liée à cet indicateur.

Périmètre de calcul

Ensemble des communes ayant une partie de zone inondable sur leur territoire.

Données en entrée

- Nombre d'habitants sans double compte par carreau de 200x200 m¹⁰ (**source : Données Carroyées Insee**)
 - ou : recensement de population à l'Iris (source : Insee) et contours Iris (source : IGN par exemple)
- et :
- Bâti de la BD Topo (classe BATI_INDIFFERENCIE) (**source : IGN**)
 - Zones d'activités de la BD Topo (classe SURFACE_ACTIVITE) (**source : IGN**)

Méthode de calcul

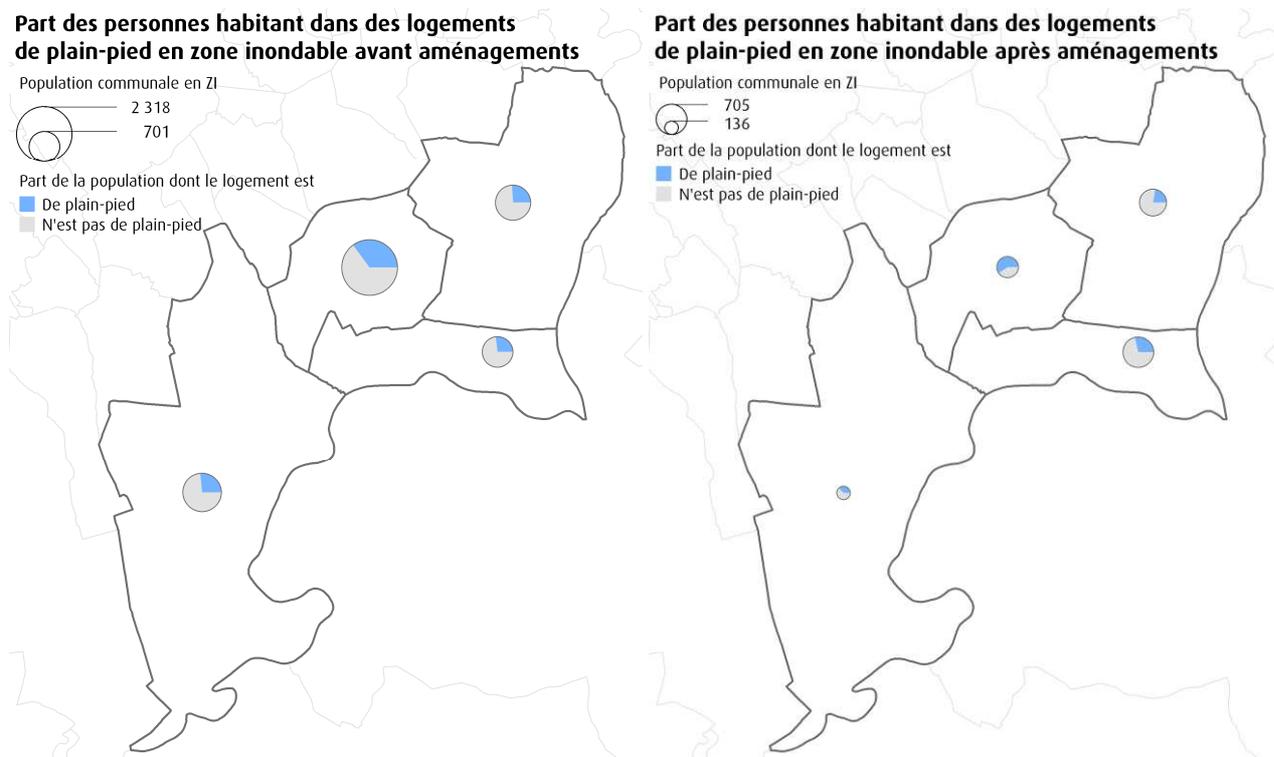
(sous calcul de l'indicateur 1, seul les caractères en lettres capitales varient)

- Sélection du bâti indifférencié hors zone d'activités
- Suppression des bâtiments de surface inférieure à 20 m²
- Calcul de la surface développée par bâtiment = surface * hauteur/3
- Répartition de la population de l'unité d'analyse (carreau ou Iris ou parcelle) sur tous les bâtiments dans chaque unité d'analyse, en fonction de leur surface développée (règle de 3)
- Calcul de la population dans les bâtiments **D'UNE HAUTEUR INFÉRIEURE OU ÉGALE À 4M** en zone inondable
- Ratio entre la population estimée dans des logements de plain-pied en zone inondable et la population habitant en zone inondable (cf. indicateur 1). Pour les mesures concernant de grands territoires, même calcul sur les départements concernés.

¹⁰ Pour les départements d'outre-mer, la donnée n'est parfois disponible que pour des carreaux de 1x1 km.

Représentation cartographique

Part communale sous forme de secteurs proportionnels (une carte avant mesures et une carte après mesures).



Indicateur 3 : Alimentation en eau potable : nombre de personnes desservies par des captages situés en zone inondable

Description

Nombre total de personnes desservies par des captages situés en zone inondable. Cet indicateur doit être calculé sans les mesures et avec les mesures, afin d'en connaître les effets.

Portée

Il s'agit de quantifier la population qui sera potentiellement privée d'eau potable, dans et hors de la zone inondable (vulnérabilité indirecte à l'inondation), et donc d'évaluer la vulnérabilité du territoire du point de vue des délais de retour à la normale.

Limites

- Les données disponibles ne permettent pas d'évaluer le seuil à partir duquel il y a interruption de la distribution ni le délai de remise en service, notamment car ceux-ci dépendent de la turbidité des eaux au niveau des captages, de la cote altimétrique des captages, ainsi que de la vulnérabilité à l'inondation des installations électriques dont dépendent les captages et leur station de traitement ;
- L'indicateur n'intègre pas la dépendance des équipements d'AEP (dans ou hors de la zone inondable) au réseau électrique : ainsi des captages situés hors ZI pourraient être mis hors service par défaut d'alimentation en électricité.
- L'indicateur ne tient pas compte des dommages potentiels au réseau structurant (à titre d'exemple les canalisations en fonte grise, encore très répandues, supportent très mal la pression hydrostatique) qui pourraient engendrer une explosion des délais de retour à la normale pour une partie de la population desservie.
- L'indicateur ne prend pas en compte les interconnexions possibles avec d'autres captages non vulnérables à l'inondation.

Périmètre de calcul

Uniquement sur la zone inondable.

Données en entrée

- Localisation des captages d'eau potable, et leur capacité de production ou le nombre de personnes desservies. (**Sources : ARS, agences de l'eau, communes, ou opérateurs de gestion d'eau potable**)
- Capacité de production des captages d'eau potable situés en zone inondable, exprimée en équivalents-habitants. Extrait de l'arrêté du 11 janvier 2007 relatif au programme de prélèvements et d'analyses du contrôle sanitaire pour les eaux fournies par un réseau de distribution, pris en application des articles R. 1321-10, R. 1321-15 et R. 1321-16 du code de la santé publique :

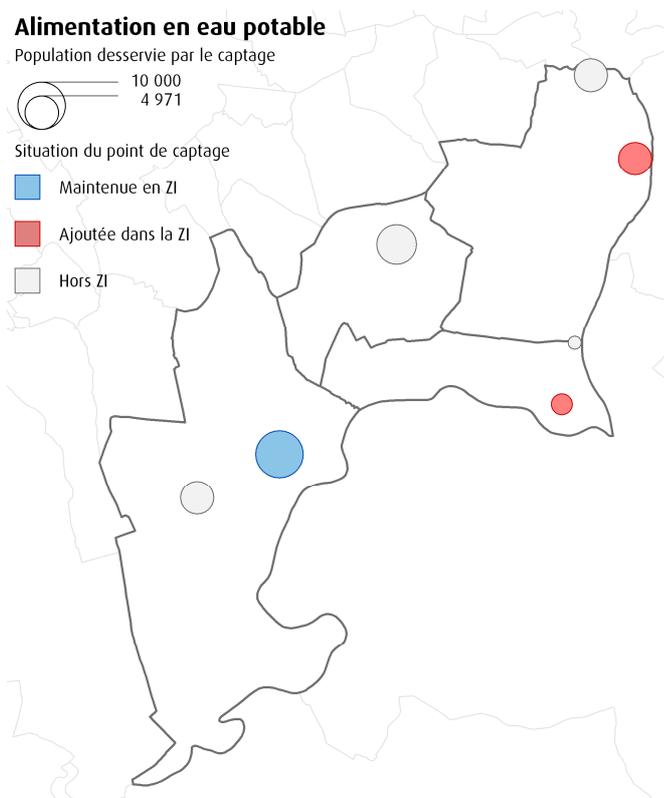
POPULATION DESSERVIE	DÉBIT (m ³ /j)
De 0 à 49 habitants	De 0 à 9
De 50 à 499 habitants.....	De 10 à 99
De 500 à 1 999 habitants	De 100 à 399
De 2 000 à 4 999 habitants	De 400 à 999
De 5 000 à 14 999 habitants.....	De 1 000 à 2 999
De 15 000 à 29 999 habitants.....	De 3 000 à 5 999
De 30 000 à 99 999 habitants.....	De 6 000 à 19 999
De 100 000 à 149 999 habitants	De 20 000 à 29 999
De 150 000 à 199 999 habitants	De 30 000 à 39 999
De 200 000 à 299 999 habitants	De 40 000 à 59 999
De 300 000 à 499 999 habitants	De 60 000 à 99 999
De 500 000 à 624 999 habitants	De 100 000 à 124 999
Supérieur ou égal à 625 000 habitants ...	Supérieur ou égal à 125 000

Méthode de calcul

- Sélection des captages en zone inondable
- Pour chaque captage, à partir du débit en m³/jour, établir le nombre de personnes desservies sur la base de 0,2 m³ par personne et par jour.

Représentation cartographique

Représentation ponctuelle des captages, avec taille proportionnelle à la population desservie et couleur indiquant suite aux mesures la situation des captages par rapport à la zone inondable (maintenus, retirés, ajoutés ou hors zone inondable).



Indicateur 4 : Capacités d'accueil des campings et centres d'hébergements vacances en zone inondable
--

Description

Cet indicateur exprime en nombre de personnes, le cumul des capacités d'accueil des structures touristiques (campings, hôtels, chambres d'hôtes ou gîtes) situés en zone inondable. Cet indicateur doit être calculé sans les mesures et avec les mesures, afin d'en connaître les effets.

Portée

L'indicateur complète l'indicateur 1 en fournissant un ordre de grandeur de la population non permanente (et a priori saisonnière) pouvant être exposée et à considérer au même titre que la population permanente en terme de risque humain ou de gestion de crise notamment. Cette population peut être non négligeable voir prépondérante sur certains territoires.

Limites

- L'indicateur est majorant compte tenu de la variation parfois importante de la population concernée selon la période de l'année.
- L'indicateur ne prend pas en compte la population saisonnière logeant en résidence secondaire, qui doit être étudiée dans le cadre de l'indicateur 1.

Périmètre de calcul

Uniquement sur la zone inondable.

Données en entrée

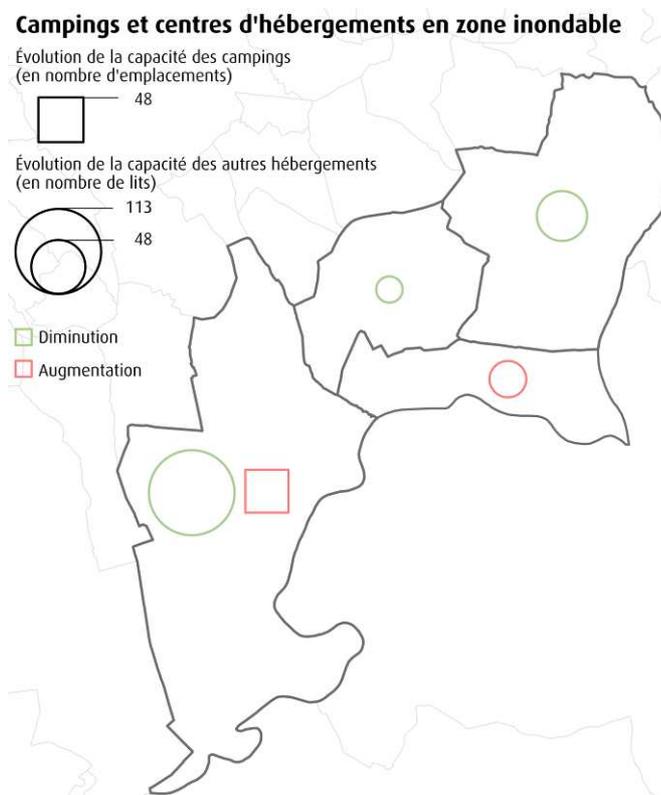
- BD Topo (classe PAI_CULTURE_LOISIRS dont le champ NATURE vaut « Campings » ou « Village de vacances »)
- Localisation des campings et leur capacité d'accueil. Sources : Préfectures, DDT(M), DIRECCTE (départements Économie de proximité), Offices du tourisme, communes, SDIS.
- Localisation des hôtels, chambres d'hôtes, gîtes et leur capacité d'accueil. Sources : Offices du tourisme, SDIS, organismes de labellisation.
- Pages jaunes : campings, hôtels, chambres d'hôtes ou gîtes. Appeler ces structures d'hébergement pour connaître leur capacité.
- Visites terrain

Méthode de calcul

- Identification des campings, hôtels, chambres d'hôtes, gîtes, etc. en zone inondable
- Calcul de la somme de leurs capacités d'accueil.
- Méthode à appliquer avec et sans mesure par commune pour calculer une évolution.

Représentation cartographique

Évolution de la capacité d'accueil en zone inondable sous forme de symbole proportionnel par commune, en distinguant les campings des autres hébergements.



Indicateur 5 : Capacité d'accueil des bâtiments hébergeant une population sensible en zone inondable

Description

Capacité maximale d'accueil des crèches, haltes-garderies, écoles, collèges, lycées, hôpitaux, foyers de personnes en difficulté, maisons de retraite, Mapad, prisons, tribunaux d'assise. Cet indicateur doit être calculé sans les mesures et avec les mesures, afin d'en connaître les effets.

Portée

Nombre maximum (capacité d'accueil) de personnes hébergées dans certains établissements médicaux, scolaires et judiciaires situés en zone inondable. Ces catégories de population présentent une vulnérabilité physique particulière et demanderaient des précautions supplémentaires aux services de secours en cas d'évacuation ou de confinement en période d'inondation.

Limites

- Cet indicateur ne permet pas d'appréhender la vulnérabilité réelle des bâtiments concernés qui peuvent être calés au-dessus de la cote de l'inondation considérée ou bien avoir intégré le risque d'inondation à leur mode de fonctionnement. Les populations hébergées, bien que plus sensibles que la moyenne, ne sont donc pour autant pas toutes vulnérables.
- L'indicateur ne prend pas en compte le fait que d'autres bâtiments hébergeant des populations sensibles situées hors zone inondable peuvent être dépendants des réseaux d'utilité pouvant être coupés en cas d'inondation.
- La liste des établissements donnée ci-dessus n'est vraisemblablement pas exhaustive et peut être complétée localement en fonction des sources de données dont le maître d'ouvrage dispose.

Périmètre de calcul

Uniquement sur la zone inondable.

Données en entrée

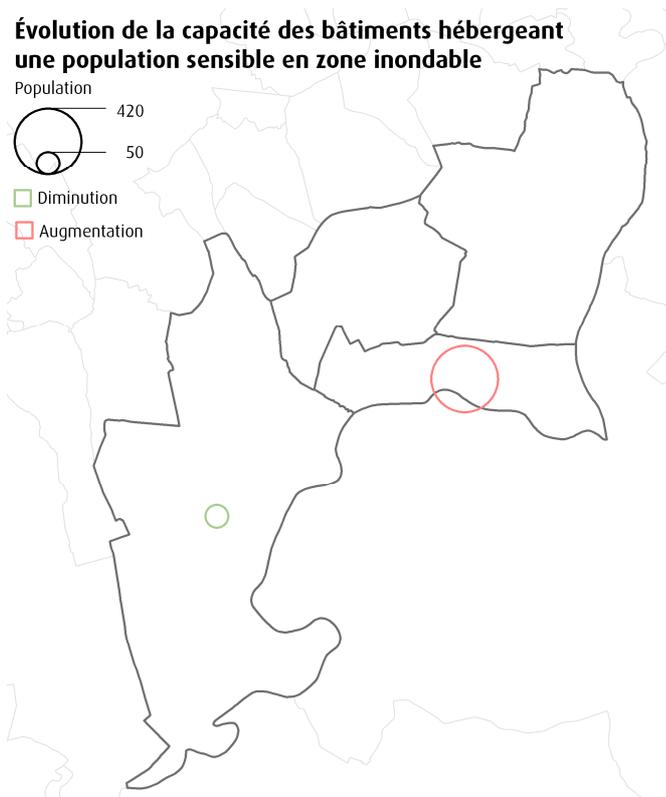
- Pour les écoles, collèges et lycées, utiliser la BD Topo classe PAI_SCIENCE_ENSEIGNEMENT (dont le champ NATURE vaut « Enseignement primaire », « Enseignement secondaire »).
- Les crèches et haltes-garderies doivent être recensées au moyen des pages jaunes.
- Les maisons de retraite non médicalisées ne faisant pas partie de la BD Topo, celles-ci doivent être recensées au moyen des pages jaunes.
- Pour les prisons, utiliser la BD Topo, classe PAI_ADMINISTRATIF_MILITAIRE, dont le champ NATURE vaut « Établissement pénitentiaire ».
- Pour les tribunaux, utiliser la BD Topo, classe PAI_ADMINISTRATIF_MILITAIRE, dont le champ NATURE vaut « Palais de justice ».
- Possibilité d'utiliser les pages jaunes en utilisant les mots clés situés dans la description de l'indicateur.
- Visite de terrain
- BD Sirene ou équivalente. Familles NAF 2008 84 à 88.
- Base des établissements recevant du public gérée par les services départementaux d'incendie et de secours
- Base communale ou intercommunale

Méthode de calcul

- Identifier les bâtiments listés ci-dessous dans les zones inondables
- Calcul de la somme de leurs capacités d'accueil, en ayant au préalable contacté ces structures d'accueil pour connaître leur capacité d'accueil.
- Méthode à appliquer avec et sans mesure par commune pour calculer une évolution.

Représentation cartographique

Évolution de la capacité d'accueil en zone inondable sous forme de symbole proportionnel, par commune.



Indicateur 6 : Capacité d'accueil des établissements de santé en zone inondable

Description

Capacité maximale d'accueil des établissements de santé : hôpitaux, cliniques, activités de santé, maisons de retraites et hébergements médicalisés.

Cet indicateur doit être calculé sans les mesures et avec les mesures, afin d'en connaître les effets.

Portée

L'indicateur recense le nombre de lits disponibles dans les établissements de santé situés en zone inondable, mais pas le personnel médical et technique y travaillant. Ces établissements présentent une vulnérabilité particulière en cas d'inondation (forte dépendance aux réseaux) et demanderaient des précautions supplémentaires aux services de secours en cas d'évacuation ou de confinement.

Limites

- Certains établissements peuvent continuer à fonctionner, même en cas d'inondation, lorsque des mesures techniques et organisationnelles ont été mises en place.
- L'indicateur ne renseigne pas sur la vulnérabilité particulière de certains patients (exemple : en service de réanimation) et sur la possibilité ou non d'évacuer les patients ou une partie des patients.

Périmètre de calcul

Uniquement sur la zone inondable.

Données en entrée

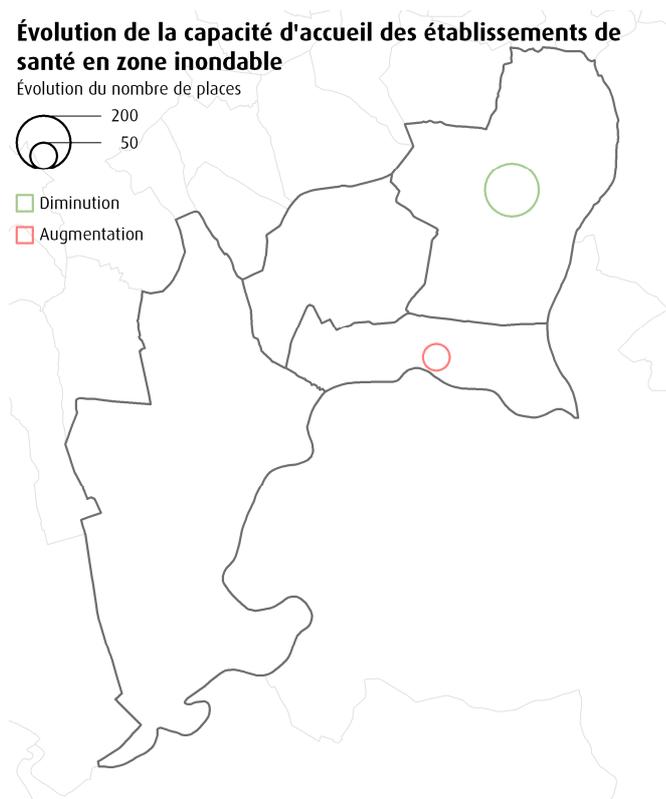
- BD Topo classe PAI_SANTE (tous les objets)
- Base de données FINESS du ministère de la santé (non géolocalisée, établissements à l'adresse): <http://finess.sante.gouv.fr/jsp/index.jsp>
- Base de données Sirene (non géolocalisée, établissements à l'adresse) : codes NAF 86 (activités pour la santé humaine) et 87 (hébergement médico-social et social)
- Se renseigner auprès de l'ARS (Agences régionales de santé) pour s'assurer de l'existence ou non d'une base de données géolocalisée (ce n'est pas le cas dans tous les départements)

Méthode de calcul

- Identifier les bâtiments listés ci-dessous dans les zones inondables
- Calcul de la somme de leurs capacités d'accueil, en ayant si nécessaire contacté ces structures pour connaître leur capacité d'accueil.
- Méthode à appliquer avec et sans mesure par commune pour calculer une évolution.

Représentation cartographique

Évolution de la capacité d'accueil en zone inondable sous forme de symbole proportionnel, par commune.



Indicateur 7 : Part de bâtiments participant directement à la gestion de crise hors et en zone inondable.

Description

Bâtiments participant à la gestion de crise situés en zone inondable :

Centres SDIS, gendarmeries, casernes militaires, préfectures (ou PC prévu au plan Orsec), mairies (ou PC prévu au PCS), services support des collectivités pour la gestion de crise, commissariats, polices municipales.

Cet indicateur doit être calculé sans les mesures et avec les mesures, afin d'en connaître les effets.

Portée

Les structures recensées sont les services opérationnels de gestion de crise. L'accès du personnel d'astreinte à ces structures n'est pas pris en compte. La vulnérabilité de ces structures aux problèmes de télécommunication n'est pas appréhendée.

Limites

- Certains établissements peuvent continuer à fonctionner, même en cas d'inondation, lorsque des mesures techniques et organisationnelles ont été mises en place.
- Certaines communes ou préfectures peuvent avoir des locaux de repli en dehors de la zone inondable.

Périmètre de calcul

Ensemble des communes ayant une partie de zone inondable sur leur territoire.

Données en entrée

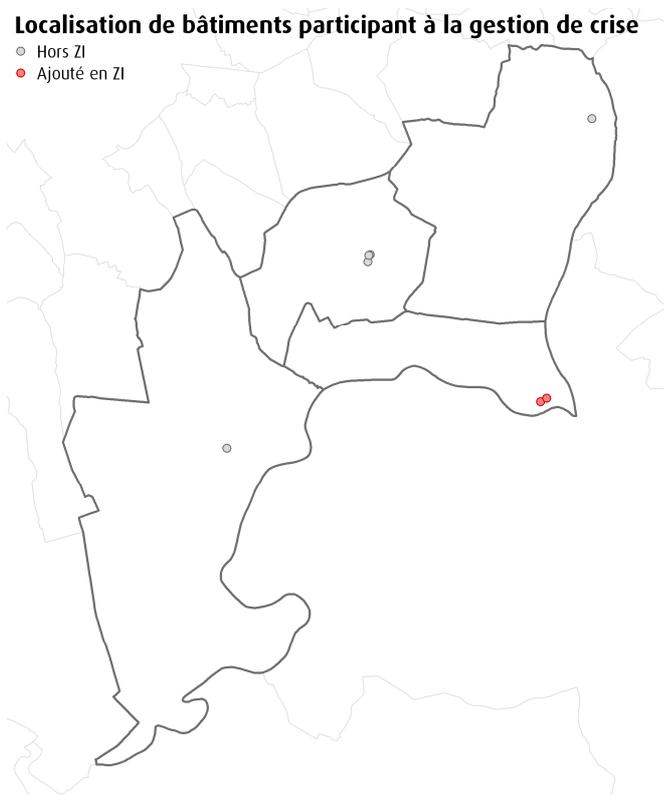
- Données issues des Plans communaux de sauvegarde (PCS) des mairies
- Données issues de la BD Topo :
BD Topo classe BATI_REMARQUABLE (dont le champ NATURE vaut « Mairie », « Préfecture », « Sous-préfecture »)
BD Topo, classe PAI_ADMINISTRATIF_MILITAIRE, dont le champ NATURE vaut « Caserne de pompiers », « Enceinte militaire » (vérifier si ces bâtiments sont toujours d'usage militaire) ou « Poste ou hôtel de police »
- Données issues des pages jaunes

Méthode de calcul

- Identifier les bâtiments listés ci-dessous dans les zones inondables

Représentation cartographique

Symbole ponctuel et couleur indiquant suite aux mesures la situation des captages par rapport à la zone inondable (maintenus, retirés, ajoutés ou hors zone inondable).



Indicateur 8 : Capacités d'hébergement communales hors ZI en cas de nécessité d'évacuation
--

Description

Capacité d'hébergement en cas d'évacuation de la population en zone inondable : salles des fêtes, gymnases, hôtels, établissements scolaires, et autres bâtiments communaux. Cet indicateur doit être calculé sans les mesures et avec les mesures, afin d'en connaître les effets.

Portée

Comparé au nombre de personnes à évacuer lors d'une inondation, cet indicateur permet d'évaluer la capacité du territoire à faire face à une crise majeure.

Limites

- Cet indicateur tient uniquement compte de l'hébergement d'urgence et ne permet pas d'évaluer la capacité de relogement pour les personnes directement impactées par l'inondation (indicateur 2) et dont le logement sera inhabitable pendant des durées plus ou moins longues ;
- De manière générale l'indicateur ne tient pas compte de l'accessibilité des hébergements au moment de l'évacuation (on retrouve souvent une problématique de coupure rive gauche-rive droite qui pose la question de la répartition des hébergements)
- Pour les bâtiments n'appartenant pas à la commune, la capacité d'accueil est difficilement évaluable : pour les hôtels elle est dépendante du taux de remplissage et d'une décision de réquisition, pour les établissements scolaires des CG ou CR elle dépend d'un éventuel conventionnement.
- Pour les communes n'ayant pas réalisé de PCS, les capacités d'accueil seront hypothétiques dans la mesure où il n'y a aucune garantie que ces hébergements soient mobilisables.

Périmètre de calcul

Ensemble des communes du périmètre d'étude, dont au moins une partie du territoire est hors zone inondable.

Données en entrée

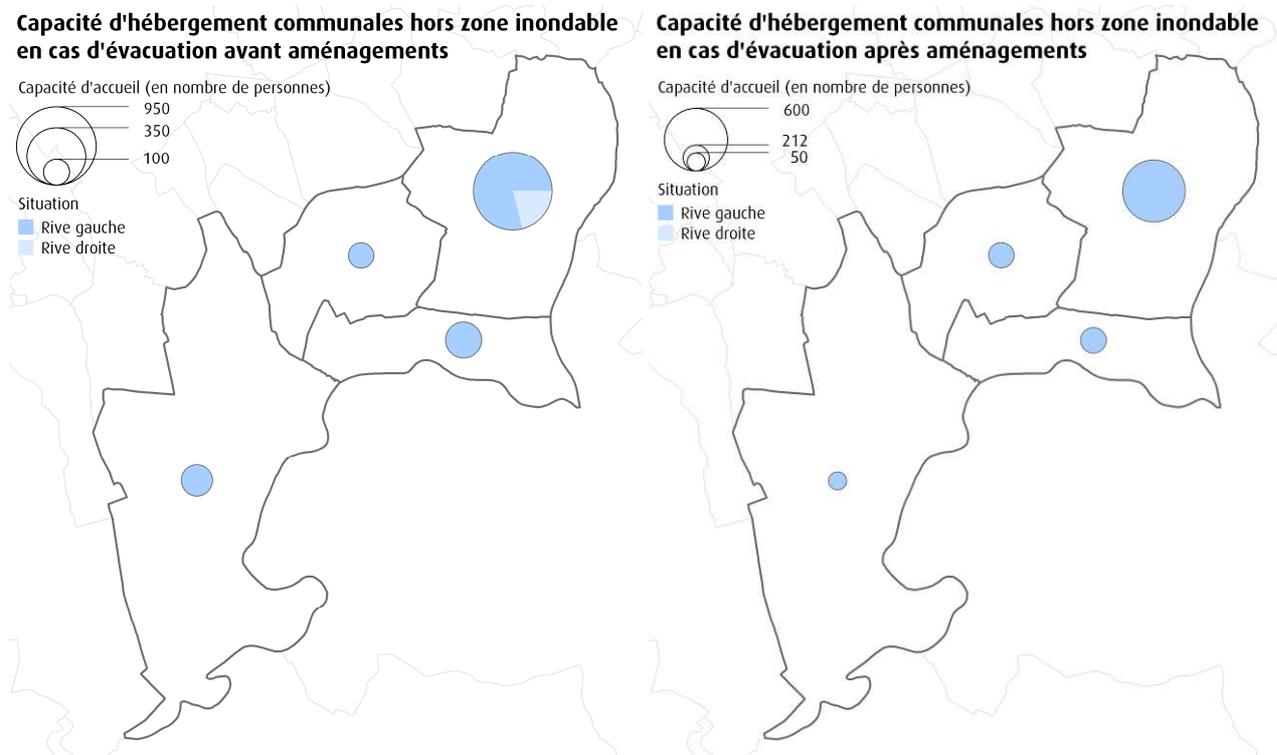
Utiliser les données des plans communaux de sauvegarde (PCS) pour les communes en disposant : se rapprocher des mairies pour celles ne disposant pas de PCS. Se rapprocher de la préfecture qui peut recenser les centres d'hébergement des communes du département, notamment dans le cadre de l'élaboration d'un plan d'évacuation.

Méthode de calcul

- Identifier les bâtiments listés ci-dessus hors zone inondable
- Résultat attendu : capacité par type d'hébergement - capacité totale

Représentation cartographique

Evolution de la capacité d'accueil hors zone inondable sous forme de secteur proportionnel, par commune : selon les cas, distinguer rive gauche et rive droite, à mettre en regard avec le nombre de personnes à évacuer (indicateur 1). Deux représentations à réaliser : avec et sans mesures.



Indicateur 9 : Stations de traitement des eaux usées en zone inondable : charge journalière entrante en moyenne annuelle

Description

Charge organique journalière moyenne traitée par des stations de traitement des eaux usées (STEU) en zone inondable, exprimée soit en kg de DBO5/j, soit directement en EH = 60 g/j. Cet indicateur doit être calculé sans les mesures et avec les mesures, afin d'en connaître les effets.

Portée

Combiné avec les zonages environnementaux (cf. indicateur 11), cet indicateur renseigne sur le degré d'importance d'une pollution organique qui serait générée par le dysfonctionnement des installations de traitement des eaux usées domestiques situées en zone inondable.

Il permet également de s'interroger qualitativement sur les conséquences indirectes d'une perturbation étendue au réseau de collecte, avec des risques de propagation des dommages au-delà de la zone inondable (par refoulement) : par exemple, fermeture des établissements de santé ne pouvant plus rejeter leurs eaux usées.

Limites

- Cet indicateur ne permet pas d'appréhender la vulnérabilité réelle des équipements concernés qui peuvent être calés au-dessus de la cote de l'inondation considérée ou bien avoir intégré le risque d'inondation à leur mode de fonctionnement. Ainsi, certaines stations ont été aménagées pour pouvoir continuer à assurer un traitement satisfaisant en cas d'inondation (surélévation et ancrage de bassins, équipements électriques hors d'eau, etc.). Une des mesures évaluées peut justement être des travaux d'aménagement d'une station de traitement.
- Compte tenu du facteur de dilution important en période de crue, l'impact sur le milieu naturel du rejet de volumes d'eaux usées non traitées ou de boues d'épuration est difficile à évaluer. Le problème se situe davantage à la décrue car la remise en service des équipements n'est généralement pas immédiate. Ne représente qu'une partie des sources de pollution possibles en cas d'inondation.
- L'indicateur ne renseigne pas sur la vulnérabilité des stations de traitement aux coupures de réseaux électriques et les impossibilités d'accès du personnel d'astreinte à ces installations ne sont pas prises en compte.

Périmètre de calcul

Ensemble des communes ayant une partie de zone inondable sur leur territoire.

Données en entrée

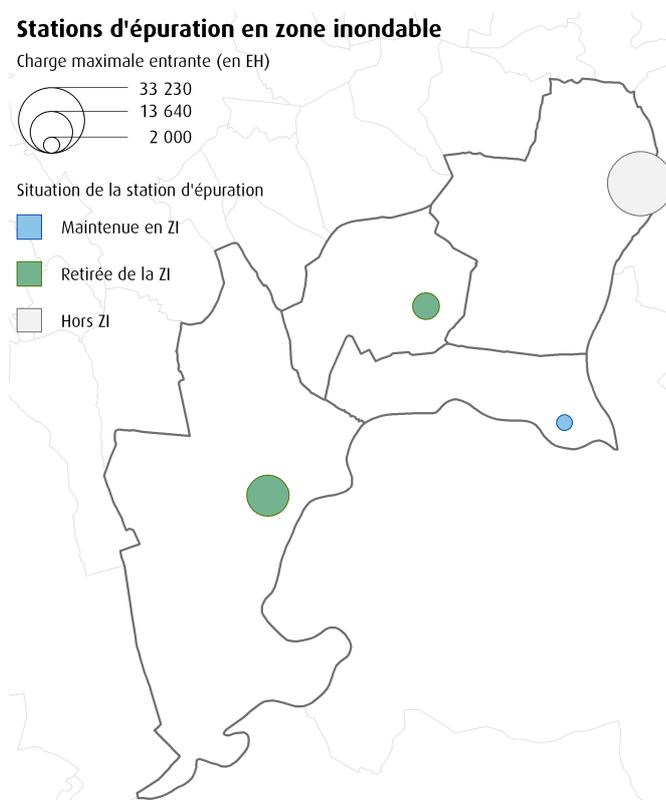
- Base de données « ERU » (Eaux résiduaires urbaines), disponible sur : <http://assainissement.developpement-durable.gouv.fr/services.php>. Commune d'implantation, Coordonnées (X, Y), pollution entrante (Équivalent habitant EH), débit entrant (m³/jour).
- Vérifier la mise à jour de ces données auprès de la DDT(M) ou de l'Agence de l'Eau.

Méthode de calcul

- Sélection des stations de traitement des eaux usées en zone inondable
- Somme des pollutions entrantes (EH)
- Somme des débits entrants en m³/j

Représentation cartographique

Représentation ponctuelle avec symbole proportionnel en fonction de la charge entrante en équivalent habitant et couleur indiquant suite aux mesures la situation des stations d'épuration par rapport à la zone inondable (maintenues, retirées, ajoutées ou hors zone inondable).



Indicateur 10 : Déchets : Capacités de traitement et de stockage en zone inondable.

Description

Les installations prises en compte par l'indicateur sont les installations de traitement, stockage, transit et valorisation des déchets non dangereux. Les rubriques de la nomenclature des installations classées pour la protection de l'environnement sont les rubriques 2710, 2711, 2714, 2715, 2716, 2771, 2780, 2781, 2782, 2791. Cet indicateur doit être calculé sans les mesures et avec les mesures, afin d'en connaître les effets.

Portée

Cet indicateur permet de mesurer l'effet du projet sur les capacités de traitement et de stockage des déchets non dangereux. Lorsqu'une inondation survient, une quantité très importante de déchets est produite : débris, déchets verts, encombrants, matériaux de construction, etc. En cas d'atteinte d'un site de traitement ou de stockage de déchets, les déchets habituels de type ordures ménagères ainsi que tous les déchets supplémentaires provoqués par la crue, ne pourront pas être traités ou stockés. C'est pourquoi l'information sur les capacités de traitement et de stockage des déchets avant et après les mesures proposées est une information importante du point de vue environnemental et organisationnel. Les stations d'épuration industrielles (rubriques 2750 à 2752) sont traitées dans l'indicateur 9. Les installations de traitement ou de stockage de déchets dangereux doivent être prises en compte dans l'indicateur 12 qui traite des installations potentiellement polluantes pour l'environnement.

Limites

L'indicateur ne donne pas les quantités de déchets potentiellement générées par l'inondation. Il donne seulement une indication sur la disponibilité des capacités de traitement et de stockage des différents types d'installations présentes dans la zone inondable.

Périmètre de calcul

Ensemble des communes ayant une partie de zone inondable sur leur territoire.

Données en entrée

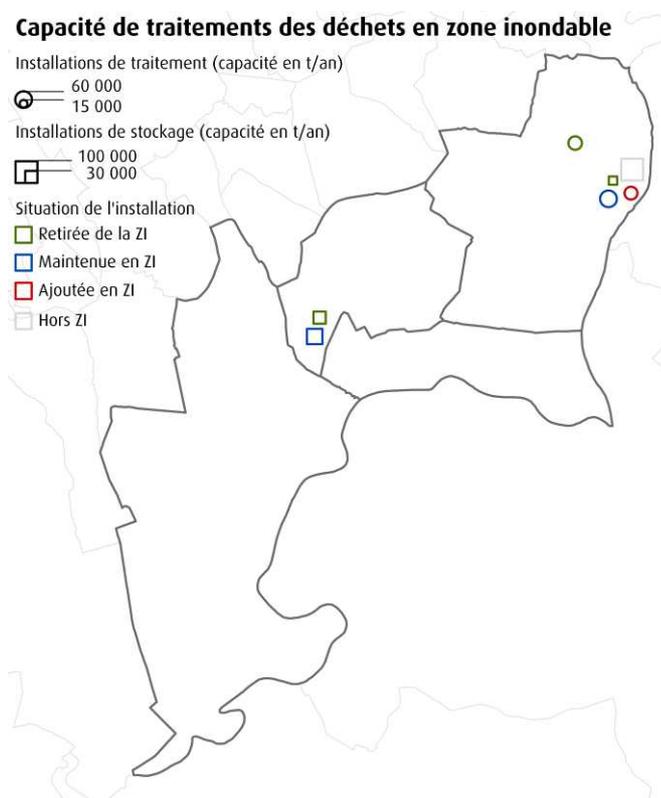
- Base de données des installations classées pour la protection de l'environnement (ICPE) : <http://www.installationsclassees.developpement-durable.gouv.fr/rechercheICForm.php>. Rubriques de la nomenclature concernées : déchets et traitement, décharges d'ordures ménagères, incinération, regroupement d'ordures ménagères et DIB, regroupement, reconditionnement de déchets, traitement de déchets industriels, traitement de déchets urbains.
- Pour les déchèteries, utiliser les pages jaunes ou la base de données SINOE : <http://www.sinoe.org/index.php> (en cours de refonte)

Méthode de calcul

- Sélectionner les ICPE concernées par les rubriques « déchets » de la nomenclature (rubriques 2710, 2711, 2714, 2715, 2716, 2771, 2780, 2781, 2782, 2791) dans la base de données <http://www.installationsclassees.developpement-durable.gouv.fr/rechercheICForm.php>, en triant sur les communes du périmètre d'étude. Chaque fiche d'établissement renvoie sur le site du Registre Français des émissions Polluantes <http://www.pollutionsindustrielles.ecologie.gouv.fr/IREP/> qui fournit généralement les coordonnées des établissements.
- Ou : Depuis la base de données IREP, faire une recherche par secteur d'activité (déchets et traitements), exporter en excel les résultats. Exporter également toute la base IREP (Téléchargements) qui comporte les coordonnées X,Y des établissements. Croiser les deux fichiers pour obtenir la géolocalisation des établissements 'déchets, traitements'.
- Et utiliser les pages jaunes pour :
 - o Compléter la liste des installations pour ce qui concerne les déchèteries,
 - o Disposer des volumes traités et stockés.

Représentation cartographique

Représentation ponctuelle avec symbole proportionnel aux volumes traités et stockés, en distinguant les installations de traitement et les installations de stockage, et couleur indiquant suite aux mesures la situation des installations de traitement et de stockage des déchets par rapport à la zone inondable (maintenues, retirées, ajoutées ou hors zone inondable).



Indicateur 11 : Espaces naturels protégés : superficie d'espaces protégés en zone inondable.

Description

L'indicateur concerne les espaces protégés et les inventaires d'espaces naturels. Il permet de mesurer les superficies des zones à fort enjeu écologique en zone inondable. Cet indicateur doit être calculé sans les mesures et avec les mesures, afin d'en connaître les effets.

Portée

Les espaces et inventaires à prendre en compte dans cet indicateur sont :

- les espaces protégés ;
- les sites Ramsar ;
- les terrains du conservatoire du littoral ;
- les sites des conservatoires d'espaces naturels ;
- les zones Natura 2000 : Sites d'importance communautaire/zones spéciales de conservation et zones de protection spéciale ;
- les parcs nationaux (distinguer cœurs et aires d'adhésion) ;
- les réserves naturelles nationales ;
- les réserves naturelles régionales ;
- les réserves naturelles de Corse ;
- les arrêtés de protection de biotope ;
- les réserves nationales de chasse et faune sauvage ;
- les réserves biologiques.

Les inventaires :

- les Znieff de type 1 ;
- les Znieff de type 2.

Pour mémoire, indicateur doit être mis en relation avec les indicateurs 9 et 12 pour étudier les effets indirects des STEU et sites dangereux au paragraphe « critères qualitatifs ».

Limites

Il s'agit ici d'une première approche simplifiée. Cet indicateur ne donne qu'une vision partielle de l'impact du projet sur les espaces naturels. Il ne fournit en effet que la superficie (totale et par type d'espaces) impactée, sans préciser si c'est positivement ou négativement. Ainsi, cet indicateur surfacique ne remplace pas une étude d'impact par type d'espace ou d'inventaire, de la modification des niveaux d'eau, des vitesses de courant, des durées et des fréquences d'inondation, pouvant conduire notamment à l'assèchement de zones humides.

Périmètre de calcul

Uniquement sur la zone inondable.

Données en entrée

- Données disponibles sur le site du MNHN : <http://inpn.mnhn.fr/telechargement/cartes-et-information-geographique>
- Les données concernant les sites des conservatoires d'espaces naturels sont disponibles auprès de la fédération des conservatoires des espaces naturels : <http://www.enf-conservatoires.org/home.php>.

Méthode de calcul

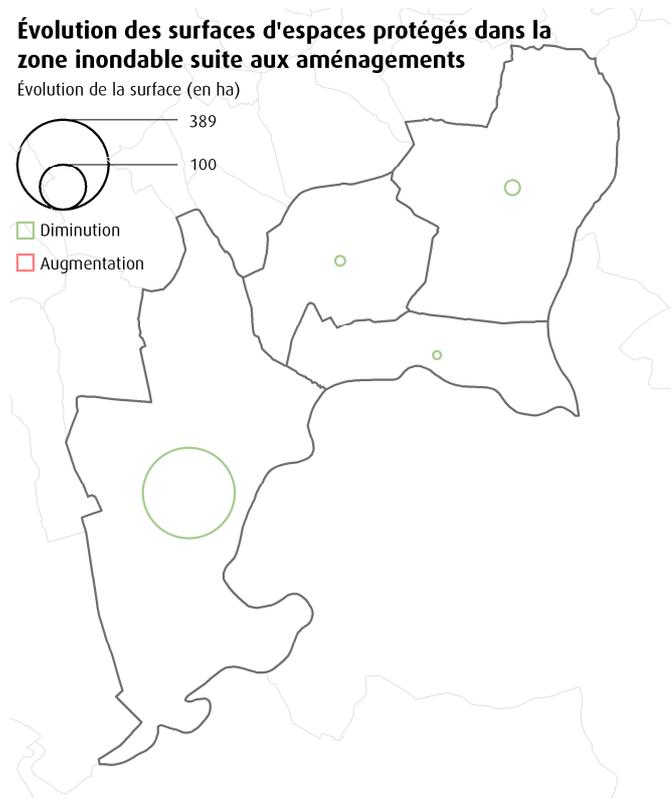
- Découper les polygones des espaces naturels en ne conservant que les parties contenues dans les zones inondables.
- Assembler et fusionner les différentes tables en une seule : plusieurs zones peuvent se superposer, l'objectif est d'obtenir une surface « enveloppe » des espaces naturels.
- Sommer la surface des polygones en zone inondable (surface totale sans double compte) par commune.
- Sommer la surface des polygones en zone inondable pour chaque type d'espace, par commune.
- Résultat en hectares
- Méthode à appliquer avec et sans mesure par commune pour calculer une évolution.

Tableau de restitution (sur l'ensemble du périmètre d'étude)

Type d'espace naturel	Scénario d'événement 1		Scénario d'événement 2		Scénario d'événement 3		Scénario d'événement 4	
	Surfaces en zone inondable avant mesures (ha)	Surfaces en zone inondable après mesures (ha)	Surfaces en zone inondable avant mesures (ha)	Surfaces en zone inondable après mesures (ha)	Surfaces en zone inondable avant mesures (ha)	Surfaces en zone inondable après mesures (ha)	Surfaces en zone inondable avant mesures (ha)	Surfaces en zone inondable après mesures (ha)
Sites Ramsar								
Terrains du conservatoire du littoral								
Sites des conservatoires d'espaces naturels								
Zones Natura 2000								
Parcs nationaux								
Cœurs de parc								
Aires d'adhésion								
Réserves naturelles nationales								
Réserves naturelles régionales								
Réserves naturelles de Corse								
Arrêtés de protection de biotope								
Réserves nationales de chasse et faune sauvage								
Réserves biologiques								
Znieff de type 1								
Znieff de type 2								

Représentation cartographique

Évolution des surfaces d'espaces protégés en zone inondable, suite aux mesures, sous forme de symbole proportionnel, par commune.



Indicateur 12 : Nombre de sites dangereux en zone inondable.

Description

Cet indicateur recense les installations classées au titre du Code de l'environnement (Seveso, IPPC), les installations nucléaires de base (INB) et d'autres installations classées pour la protection de l'environnement (ICPE) au cas par cas, notamment les installations de traitement et de stockage de déchets dangereux. Cet indicateur doit être calculé sans les mesures et avec les mesures, afin d'en connaître les effets.

Pour mémoire, dans l'analyse qualitative, cet indicateur devra être mis en lien avec les données de santé humaine.

Portée

Une inondation peut provoquer par effet domino des accidents dans les établissements Seveso et dans les INB (explosion conduisant à des effets de surpression, des effets thermiques et/ou des projections, combustion conduisant à des effets thermiques, rejets de produits toxiques ou radioactifs). Au-delà de ces sites particulièrement dangereux (risque accidentel), certains sites peuvent détenir des produits polluants ou réactifs à l'eau ou des procédés pouvant générer des pollutions ou des accidents en cas de pertes d'utilités liés à l'inondation (perte électricité, gaz, alimentation en eau). Les établissements IPPC, par définition gros émetteurs, peuvent être sources de pollutions en situation dégradée due à l'inondation, en l'absence de traitement des rejets. D'autres ICPE, de par leurs activités et produits stockés (par exemple : déchets dangereux), peuvent également être sources de risque accidentel ou de polluants. Les installations de traitement et de stockage de déchets non dangereux ne sont pas à prendre en compte, puisqu'elles figurent dans l'indicateur 10.

Limites

- La limite de l'indicateur provient du fait que celui-ci prend en compte uniquement les installations industrielles classées au titre de la législation des installations classées. D'autres installations peuvent potentiellement polluer l'environnement en cas d'inondation.
- Le niveau de vulnérabilité réel de ces établissements face à l'inondation n'est pas appréhendé.

Périmètre de calcul

Uniquement sur la zone inondable.

Données en entrée

- Établissements industriels : BD Topo, classe PAI_INDUSTRIEL_COMMERCIAL, dont le champ NATURE vaut « Usine ».
- Pour les installations nucléaires de base, l'ASN publie chaque année la liste communale des installations nucléaires de base.
- Pour les installations de stockage et de traitements des déchets dangereux : rubriques 2712, 2713, 2717, 2718, 2719, 2720, 2730, 2731, 2740, 2751, 2760, 2770, 2790, 2795 de la base de données « installations classées » <http://www.installationsclassees.developpement-durable.gouv.fr/rechercheICForm.php>.
- Établissements Seveso, IPPC et autres ICPE : base de données « installations classées » - <http://www.installationsclassees.developpement-durable.gouv.fr/rechercheICForm.php>, et http://gidic.dgpr.i2/sigic/sigic/mdr_icpe.htm pour les services du MEEDTL.

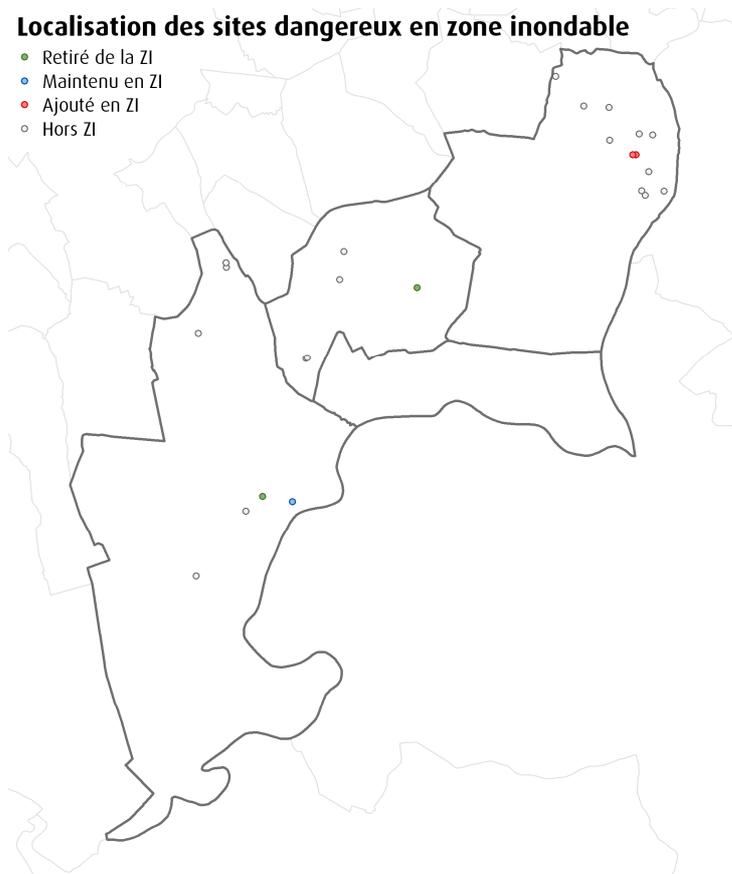
Sélectionner les établissements AS, SB et IPPC sur les communes du périmètre d'étude. Chaque fiche d'établissement renvoie sur le site du Registre Français des émissions Polluantes <http://www.pollutionsindustrielles.ecologie.gouv.fr/IREP/> qui fournit généralement les coordonnées des établissements.

Méthode de calcul

- Identifier les bâtiments listés ci-dessous dans les zones inondables

Représentation cartographique

Ponctuel avec couleur indiquant suite aux mesures la situation des stations d'épuration par rapport à la zone inondable (maintenues, retirées, ajoutées ou hors zone inondable).



Indicateur 13 : Nombre annuel de visiteurs dans les musées situés en zone inondable.

Description

L'indicateur recense le nombre annuel de visiteurs dans les musées présents en zone inondable. Cet indicateur doit être calculé sans les mesures et avec les mesures, afin d'en connaître les effets.

Portée

Outre le caractère architectural d'un musée, qui peut présenter un intérêt susceptible d'être atteint par une inondation, la perte de collections est irréversible. Il s'agit ici de repérer les musées potentiellement concernés et de pondérer l'importance de ces structures, suivant le nombre annuel de visiteurs.

Limites

- L'indicateur ne quantifie pas les œuvres présentées dans les musées, mais le nombre de visiteurs peut être une bonne approche en terme de vulnérabilité du patrimoine.
- L'indicateur ne prend pas en compte le fait que des œuvres d'art peuvent être exposées dans d'autres lieux que des musées.

Périmètre de calcul

Uniquement sur la zone inondable.

Données en entrée

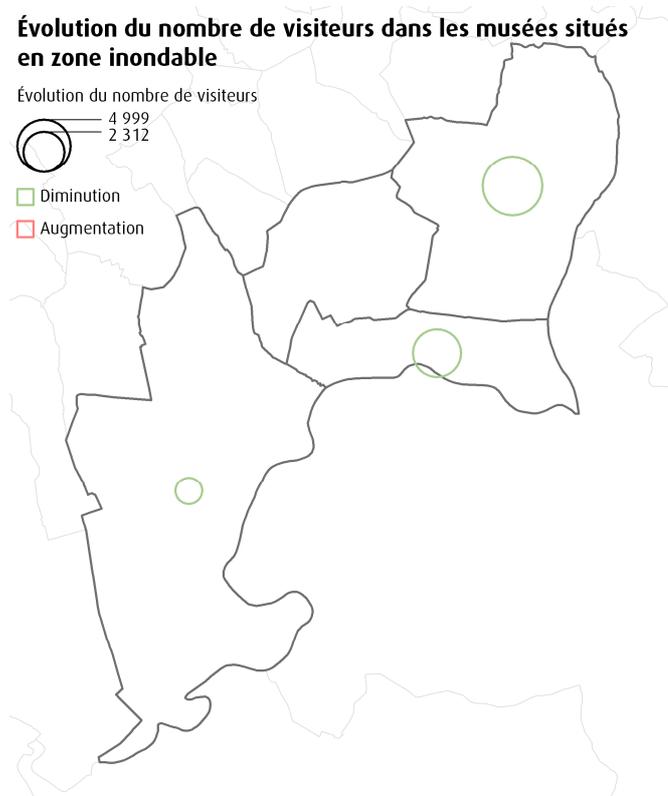
- 1315 musées sont recensés (par leurs adresses) dans la base de données MUSEOFILE accessible sur le site internet : <http://www.culture.gouv.fr/documentation/museo/museo-carto.htm>
- La BD Topo, classe PAI_CULTURE_LOISIRS dont le champ NATURE vaut « Musée », est également une source de données permettant de géolocaliser ce type d'établissements.
- Les pages jaunes donnent également de bons résultats avec le mot clé « musée » et la commune concernée. Les établissements étant présentés sur un plan, ce site internet peut faciliter la géolocalisation.

Méthode de calcul

- Après les avoir géolocalisés, contacter les musées exposés pour connaître le nombre annuel de visiteurs. Sommer le nombre de visiteurs par commune.
- Méthode à appliquer avec et sans mesure par commune pour calculer une évolution.

Représentation cartographique

Évolution du nombre de visiteurs de musées en zone inondable suite aux mesures, sous forme de symbole proportionnel, par commune.



Indicateur 14 : Nombre de bâtiments patrimoniaux et surface de sites remarquables en zone inondable.

Description

L'indicateur porte sur les monuments historiques, les sites archéologiques et les sites remarquables (inscrits, classés, ...). Cet indicateur doit être calculé sans les mesures et avec les mesures, afin d'en connaître les effets.

Portée

Ces monuments, mémoire de notre histoire, peuvent être fortement endommagés en cas d'inondation. Par ailleurs, certains de ces monuments détiennent des œuvres historiques, dont la perte est souvent irréversible. L'indicateur évalue l'impact des mesures sur le patrimoine foncier et naturel. Il concerne des bâtiments, mais aussi des ouvrages d'art.

Limites

Le nombre de bâtiments et de sites remarquables concernés ne reflète pas leur valeur, ni leur importance. Cependant, il s'agit d'une approche simple.

Périmètre de calcul

Uniquement sur la zone inondable.

Données en entrée

- Les DRAC disposent généralement sur leur site internet de la liste des édifices protégés (au titre de la législation sur les monuments historiques) par département, et de leur adresse.
- Les DREAL disposent de la liste des sites inscrits et classés¹¹ (monuments naturels ou sites de caractère artistique, historique, scientifique, légendaire ou pittoresque présentant un intérêt général).

Méthode de calcul

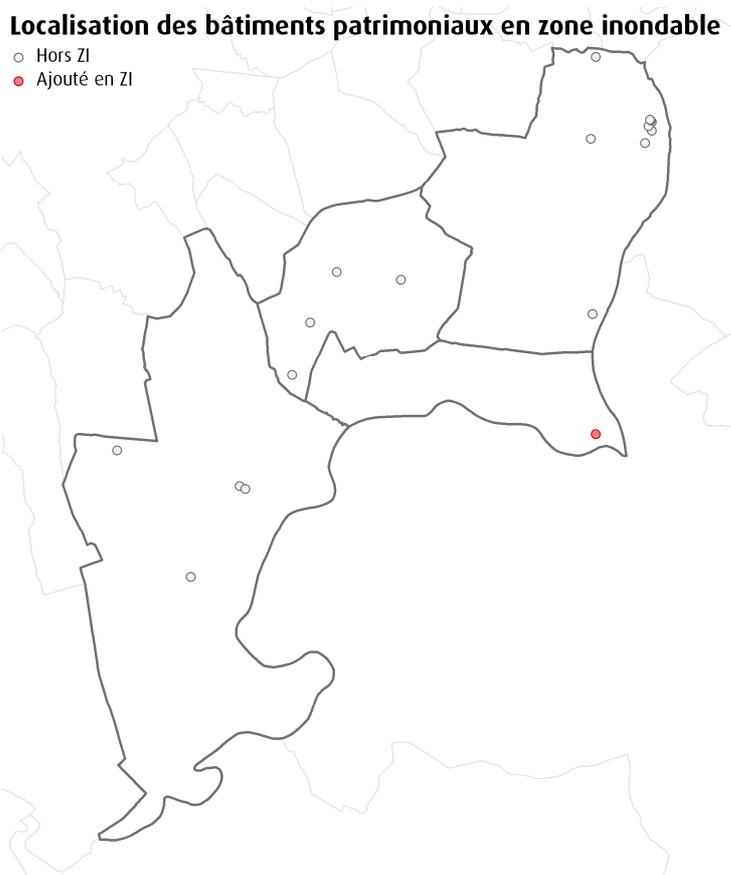
- Identifier les bâtiments listés ci-dessus dans les zones inondables
- Identifier les sites inscrits et classés dans les zones inondables, en calculer la surface en zone inondable

¹¹ Les articles L.341-1 à 342-22 du code de l'environnement définissent l'inscription et le classement des sites :

- L'inscription est la reconnaissance de l'intérêt d'un site dont l'évolution demande une vigilance toute particulière. C'est un premier niveau de protection pouvant conduire à un classement.
- Le classement est une protection très forte destinée à conserver les sites d'une valeur patrimoniale exceptionnelle ou remarquable

Représentation cartographique

Ponctuelle pour les monuments avec couleur indiquant suite aux mesures leur situation par rapport à la zone inondable (maintenues, retirées, ajoutées ou hors zone inondable). En évolution de surface par commune pour les sites inscrits et classés.



Indicateur 15 : Surface totale des bâtiments d'activité et de logements en zone inondable

🔗 Indicateur lié à l'ACB***Description***

Cet indicateur est renseigné par la surface au sol occupée par des bâtiments administratifs, culturels, sportifs, commerciaux industriels, agricoles et par de l'habitat et situés en zone inondable. Cette surface comprend à la fois les enceintes de site et l'emprise au sol des bâtiments. Cet indicateur doit être calculé sans les mesures et avec les mesures, afin d'en connaître les effets.

Portée

L'indicateur rend compte à la fois des surfaces d'activités (représentant indirectement la population présente le jour) et des surfaces de logements (représentant la population de nuit). Associé à une représentation cartographique, il a pour objectif d'informer sur la localisation des zones de concentration de population. Il vise à identifier le potentiel des emplois exposés directement et indirectement à une inondation.

Le niveau d'importance de la surface exposée peut également être mis en parallèle avec les moyens qu'il faudra mobiliser pour les opérations de gestion de crise et de remise en état après la survenue d'une inondation.

Limites

Cet indicateur vise à délimiter les emplois directement et indirectement touchés par l'inondation, à travers une surface quantifiée et délimitée géographiquement, de l'occupation des activités humaines et des zones d'habitat. Il s'agit d'un indicateur par défaut. La difficulté d'accès à des données sur la localisation des emplois, du lieu de résidence des travailleurs et des fluctuations journalières domicile-travail ne permet pas de proposer un indicateur plus précis.

Périmètre de calcul

Uniquement sur la zone inondable.

Données en entrée

- BD Topo (classe SURFACE_ACTIVITE)
- BD Topo (classes BATI_INDIFFERENCIE, BATI_INDUSTRIEL)

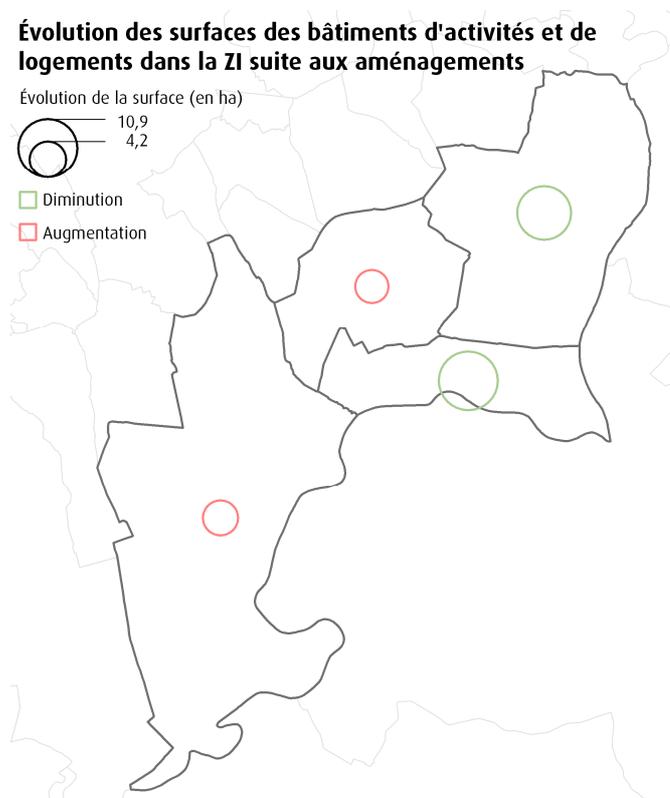
Méthode de calcul

- exclusion de la couche « BATI_INDIFFERENCIE » : les polygones dont l'attribut « HAUTEUR » est supérieur à 100m, ceux d'une surface inférieure à 20m² ;
- découper ces polygones en ne conservant que les parties contenues dans la zone inondable ;
- sommer la surface des polygones des couches SURFACE_ACTIVITE située dans les zones inondables ;
- sommer la surface des polygones des couches BATI_INDIFFERENCIE, BATI_INDUSTRIEL située dans les zones inondables ;
- résultat en hectares ;
- méthode à appliquer avec et sans mesure par commune pour calculer une évolution.

Représentation cartographique

Évolution de surface de bâtiments d'activités et de logements en zone inondable sous forme de symbole proportionnel, par commune (1^{re} carte)

Évolution de surface d'activité en zone inondable sous forme de symbole proportionnel, par commune.



Indicateur 16 : Trafic journalier des réseaux de transport en zone inondable
--

Description

Cet indicateur exprime une valeur cumulée :

- des trafics moyens journaliers de véhicules enregistrés sur les infrastructures routières principales inondées (autoroutes, routes nationales, routes départementales, axes urbains, ... suivant l'échelle du territoire considéré) ;
- des trafics moyens journaliers de voyageurs empruntant les infrastructures ferroviaires inondées (trains, ou plus localement métro, tramway).

Dans le cas où ces données ne seraient pas disponibles, il peut être remplacé par le nombre d'axes routiers et ferroviaires situés en zone inondable.

Cet indicateur doit être calculé sans les mesures et avec les mesures, afin d'en connaître les effets.

Portée

Cet indicateur fournit un ordre de grandeur de l'effet des mesures sur les flux routiers ou ferroviaires (transport de personne et/ou de marchandises) impactés par l'inondation.

Limites

- l'indicateur donne une valeur absolue qui ne permet pas de traduire directement le degré de perturbation des transports sur le secteur étudié ou plus largement à l'échelon supérieur (régional, national...) compte tenu de la nature des axes considérés, des trafics sur les axes non impactés et des possibilités éventuelles d'itinéraires de contournement ;
- l'indicateur ne prend pas en compte les perturbations pouvant provenir de l'inondation d'une gare ferroviaire ;
- l'indicateur ne prend pas en compte la vulnérabilité réelle des réseaux de transport.

Périmètre de calcul

Uniquement sur la zone inondable.

Données en entrée

- BD Topo classe ROUTE, attribut CL_ADMIN valant « Autoroute », « Nationale », « Départementale » ou « Autre » ;
- BD Topo classe TRONCON_VOIE_FERREE, attributs NATURE valant « Principale » ou « Transport urbain ».

Si possible :

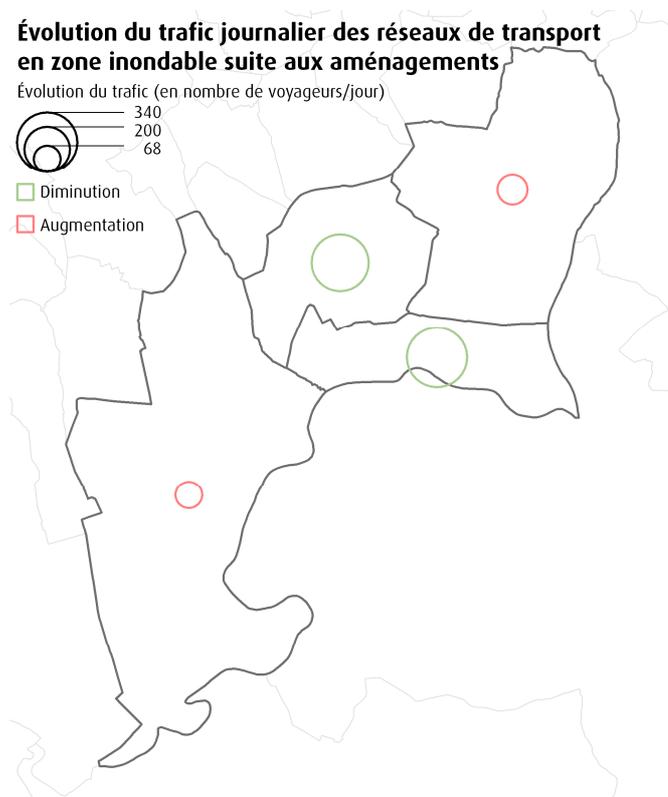
- données de Trafic moyen journalier annuel (TMJA) tous véhicules confondus auprès des sociétés d'autoroutes, des Directions Interdépartementales des Routes (DIR), des conseils généraux ou de la prévention routière ;
- données de Trafic moyen journalier annuel en nombre de voyageurs auprès des gestionnaires des réseaux ferrés (SNCF, RFF, RATP, RER, etc.).

Méthode de calcul

- identifier les portions de réseaux de transport situés en zone inondable. En fonction du niveau d'étude, une première approche peut consister à considérer les infrastructures interceptées par l'enveloppe inondation. En toute rigueur et pour une approche plus pertinente et rigoureuse, il sera nécessaire de comparer l'altitude des infrastructures en remblais par rapport au terrain naturel avec les niveaux d'inondation à leurs abords ;
- sommer les trafics des axes impactés par type de route (route nationale, route départementale, autoroute) au moins en un point (ou le nombre d'axes impactés) en ne comptabilisant qu'une fois un même axe inondé en plusieurs secteurs distincts, sauf si cela se justifie (points très éloignés, structuration du trafic, etc.) ;
- sommer les trafics de véhicules et de voyageurs en utilisant un coefficient de 1,4 voyageurs par véhicule (données France métropolitaine, d'après une enquête ménages déplacements du Certu) ;
- méthode à appliquer avec et sans mesure par commune pour calculer une évolution.

Représentation cartographique

Évolution de trafic journalier en zone inondable, suite aux mesures, sous forme de symbole proportionnel, par commune.



Indicateur 17 : Nombre de postes « énergie et télécommunication » en zone inondable

Description

L'indicateur regroupe :

- le nombre de postes de détente de gaz, de postes de transformation électrique (haute tension), de sous-station de réseaux de chaleur urbains et d'unités de production d'électricité en zone inondable, non pris en compte dans l'indicateur 12 ;
- le nombre de répartiteurs téléphoniques situés en zone inondable (si données disponibles).

Cet indicateur doit être calculé sans les mesures et avec les mesures, afin d'en connaître les effets.

Portée

Une inondation provoque systématiquement des coupures sur les réseaux d'énergie et de télécommunication. Cette indisponibilité des réseaux a des conséquences directes et indirectes importantes sur le fonctionnement du territoire, pendant et après l'inondation et peut avoir des impacts sur la gestion de la crise. L'indicateur recense les points stratégiques de production et de transport d'énergie et les répartiteurs téléphoniques. Il met au même niveau les transformateurs et les centrales de production d'électricité, pour disposer d'une vision globale de ces installations.

Limites

- l'indicateur donne une valeur absolue qui ne permet pas de traduire directement le degré de perturbation du réseau électrique à l'échelon supérieur (régional, national...);
- les transformateurs situés sur le réseau de distribution ne sont pas recensés, ce qui ne permet pas d'appréhender la vulnérabilité de ce dernier.

Certaines centrales de production d'électricité peuvent fonctionner en situation d'inondation.

Périmètre de calcul

Uniquement sur la zone inondable.

Données en entrée

- pour les transformateurs électriques : BD Topo Classe POSTE_TRANSFORMATION : tous les postes de transformation situés sur le réseau de lignes à haute tension (HTB) ;
- pour les postes de détente de gaz et les installations d'énergie renouvelables (champs solaires, éoliennes), consulter les DREAL, services énergie climat air ;
- pour les sous-stations de réseaux de chaleur urbaine, consulter les opérateurs de réseau ;
- pour les Centrales électriques : BD Topo Classe PAI_INDUSTRIEL_COMMERCIAL, dont le champ NATURE vaut « Centrale électrique » ;
- usine où l'on produit de l'énergie électrique : centrale hydroélectrique, centrale thermique, centrale nucléaire ;
- les centrales électriques souterraines sont exclues.

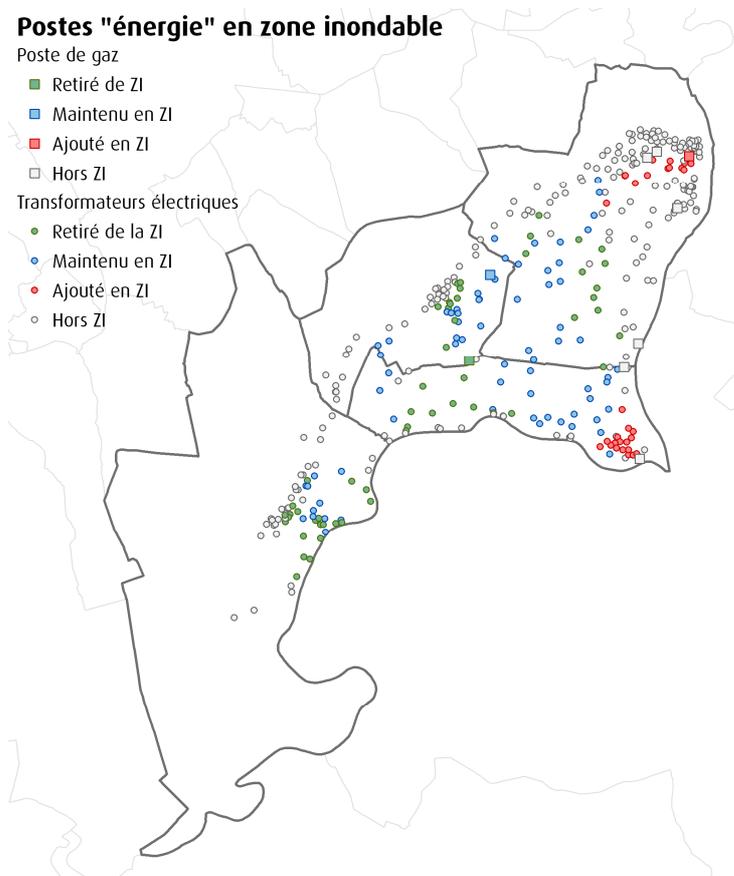
Pour le nombre de répartiteurs téléphoniques en zone inondable, consulter les opérateurs téléphoniques.

Méthode de calcul

- identifier les postes d'énergie listés ci-dessus dans les zones inondables ;
- idem pour les répartiteurs.

Représentation cartographique

Ponctuelle en distinguant les grands types de postes avec couleur indiquant suite aux mesures leur situation par rapport à la zone inondable (maintenues, retirées, ajoutées ou hors zone inondable).



Indicateur 18 : Part d'entreprises aidant à la reconstruction après une inondation dans les communes exposées

Description

Il s'agit de montrer l'importance de la part d'entreprises exposées du BTP possédant sur place des stocks de matériaux de construction et des engins de chantier, ne pouvant être ainsi sollicitées pour la remise en état des constructions après une inondation. Cet indicateur doit être calculé sans les mesures et avec les mesures, afin d'en connaître les effets.

Portée

Cet indicateur sert à évaluer la résilience du territoire à l'inondation à travers sa capacité à répondre à des besoins massifs et ciblés en termes de rénovation ou de reconstruction. Toutes les entreprises du BTP sont essentielles pour la remise en état, cependant il a été considéré que la continuité d'accès à des stocks de matériaux et à des engins était un élément prépondérant de résilience du territoire. Un ratio élevé peut indiquer que le territoire est dépendant d'une aide extérieure et que les bénéfices économiques de la remise en état ne pourront que faiblement revenir aux entreprises du territoire majoritairement impactées.

Limites

Cet indicateur présente une difficulté de localisation précise des lieux de stockage de matériaux et/ou d'engins ; ceux-ci peuvent être différents de l'adresse du siège de l'entreprise.

Périmètre de calcul

Ensemble des communes ayant une partie de zone inondable sur leur territoire.

Données en entrée

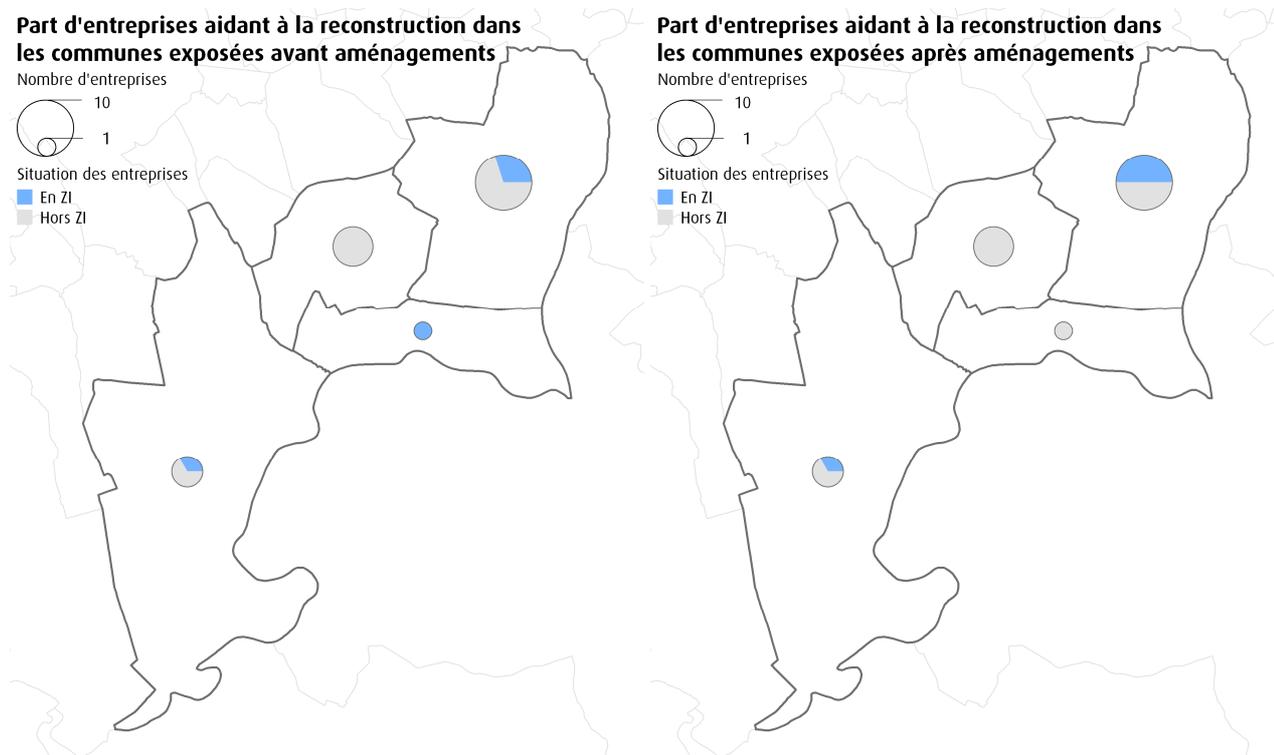
Adresse des entreprises stockant des matériaux de construction, engins de BTP, location de matériel pour le BTP sur les Pages jaunes <http://www.pagesjaunes.fr>
BD Sirene : codes NAF 43.11, 43.12, 43.99, 46.63Z, 49.41B, 49.41C, 77.12Z, 77.32Z.

Méthode de calcul

- à partir de l'adresse des entreprises, identifier celles situées en zone inondable et hors zone inondable dans le périmètre d'étude ;
- réaliser le ratio entre le nombre d'entreprises en zone inondable et le nombre total d'entreprises du périmètre d'étude (résultat en %).

Représentation cartographique

Part communale sous forme de secteurs proportionnels (une carte avant mesures et une carte après mesures), avec part communale des entreprises en zone inondable.



Indicateur 19 : Nombre de personnes travaillant en zone inondable

↻ Indicateur lié à l'ACB**Description**

Il s'agit d'identifier et de quantifier l'emploi en zone inondable qui sera impacté par les mesures, en raison de l'arrêt total ou partiel de l'activité de l'entreprise pour des raisons multiples telles que l'impossibilité d'approvisionnement en énergie, en stocks essentiels à la production, les difficultés d'accès à l'entreprise par les salariés, l'endommagement des outils de production, etc. Cet indicateur doit être calculé sans les mesures et avec les mesures, afin d'en connaître les effets.

Portée

Cet indicateur montrant l'emploi exposé fournit une évaluation de l'activité économique impactée.

Cet indicateur donne une information sur le nombre d'actifs travaillant en zone inondable en journée et pouvant être directement impactés dans leur activité professionnelle. Il peut être croisé avec l'indicateur 1 sur les populations résidentes afin de pouvoir apprécier au mieux l'importance des populations touchées. Également, cet indicateur peut venir préciser l'indicateur 15 des surfaces exposées d'activités humaines et d'habitat.

Limites

- cet indicateur n'étudie pas la vulnérabilité des salariés, ni celle des entreprises exposées à l'inondation. Il souligne seulement le nombre d'actifs exposés à l'inondation ;
- les bases de données utilisées (notamment Sirene) ont des limites : la répartition de l'emploi par classe n'est pas toujours correcte pour les entreprises ayant un siège social et un établissement à des adresses différentes. Cependant, l'utilisation de cette base de données permet d'évaluer les emplois du secteur public et privé, alors que la base de données MAJIC ne permet d'évaluer que les emplois du secteur privé.

Périmètre de calcul

Ensemble des communes ayant une partie de zone inondable sur leur territoire.

Données en entrée

- base de données Sirene à l'adresse ou géolocalisée ;
- OU : Iris emploi Insee ;
- ET : Données des taxes foncières des entreprises (« MAJIC »).

Méthode de calcul

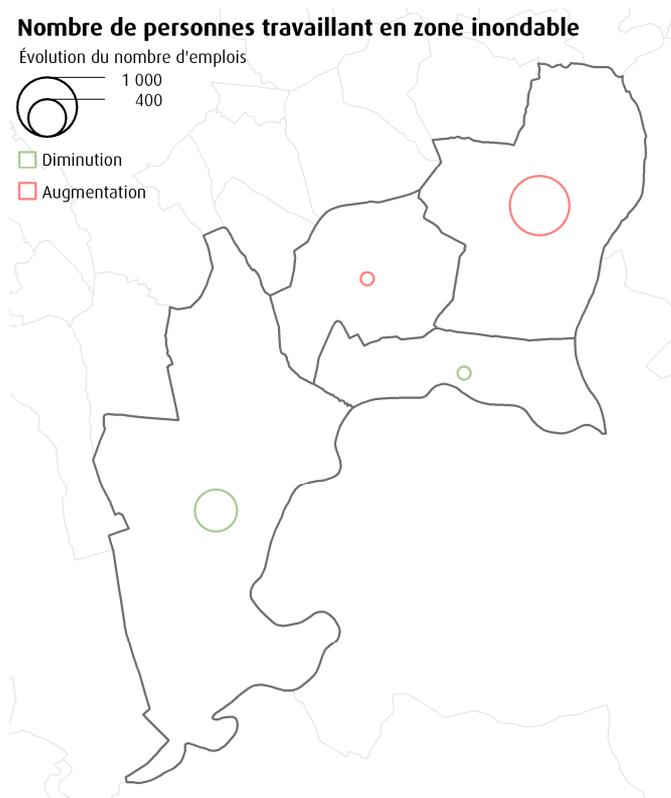
- à partir du géocodage de la base SIRENE sur le périmètre de calcul, repérer les entreprises et services publics présents dans les différents scénarii d'événements ;
- pour chaque établissement, calculer la moyenne de la classe d'effectif dans laquelle il se situe ;
- sommer les moyennes d'effectifs.

OU :

- calculer le nombre de locaux à usage commercial par parcelle ;
- répartition du nombre d'emplois à l'Iris sur toutes les parcelles dans l'Iris, en fonction du nombre de locaux commerciaux (règle de 3) ;
- calcul du nombre d'emplois dans les parcelles en zone inondable ;
- méthode à appliquer avec et sans mesure par commune pour calculer une évolution.

Représentation cartographique

Évolution du nombre d'emplois en zone inondable, suite aux mesures, sous forme de symbole proportionnel, par commune.



Indicateur 20 : Surfaces agricoles situées en zone inondable.

Indicateur lié à l'ACB**Description**

En général, l'agriculture occupe une part importante du lit majeur des cours d'eau de plaine. Il s'agit ici d'estimer la surface de culture en zone inondable, exprimée en hectare, en la ventilant autant que possible entre différents types. Cet indicateur doit être calculé sans les mesures et avec les mesures, afin d'en connaître les effets.

Portée

La valeur ajoutée et la vulnérabilité intrinsèque aux inondations des différents types de cultures peuvent varier sensiblement, ce qui se traduit en termes monétaires par de fortes différences du coût des dommages potentiels à l'hectare. La ventilation des surfaces inondables par type de culture proposée ici permet ensuite de caractériser cette variabilité de situations.

Limites

- il s'agit ici d'une première vision simple de l'impact des mesures sur les parcelles cultivées. Beaucoup d'autres composantes d'une exploitation agricole ne sont pas intégrées à l'indicateur : bâtiments, matériels, stocks, cheptel, etc, mais elles sont considérées dans le cadre de l'analyse coût bénéfice ;
- la vulnérabilité intrinsèque d'une culture aux inondations varie tout au long de l'année, en fonction du parcours cultural (schématiquement, la sensibilité est forte peu avant la récolte et faible peu après la récolte). La saisonnalité des crues revêt donc une importance capitale mais n'est pas prise en compte dans le calcul de l'indicateur ;
- limites des données utilisées : la base de données CLC est une base au 100 000e avec une résolution minimale de 25 hectares pour la métropole et 10 hectares pour les DOM. Le RPG couvre les déclarations des agriculteurs réalisées pour bénéficier des aides de la PAC. Certaines cultures, non éligibles à ces aides, ne figurent pas dans le RGP. De plus, les données sont représentées par îlot et peuvent regrouper plusieurs types de culture par îlot.

Périmètre de calcul

Uniquement sur la zone inondable.

Données en entrée

- CORINE Land Cover (CLC) poste Territoires agricoles (code CLC : 2..) :
Données : <http://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr/donnees-ligne/li/1825.html>
Nomenclature : [http://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr/donnees-ligne/t/nomenclature.html?tx_ttnews\[tt_news\]=11271&cHash=4dfe6c2b8ba560d8b50f0fe51a467301](http://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr/donnees-ligne/t/nomenclature.html?tx_ttnews[tt_news]=11271&cHash=4dfe6c2b8ba560d8b50f0fe51a467301)

OU :

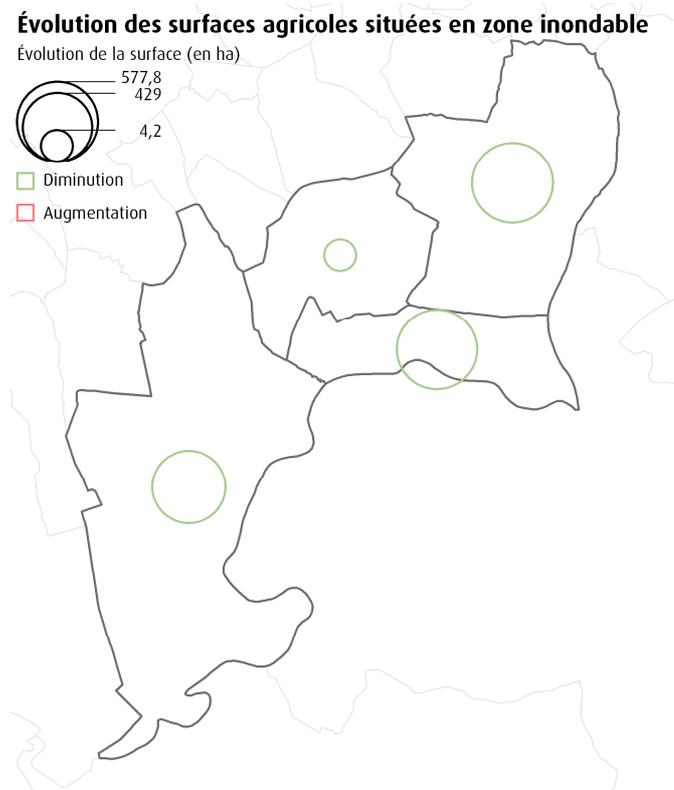
- Registre parcellaire graphique :
Types de surfaces agricoles par îlot de culture (visualisation possible sur <http://geoportail.fr>)
Donnée payante (sauf pour les services centraux et déconcentrés de l'État) : <http://www.asp-public.fr/?q=node/856>

Méthode de calcul

- découper les surfaces agricoles en utilisant le contour de la zone inondable ;
- mesurer les surfaces agricoles en hectare, par type de culture : terres arables (3 types)/cultures permanentes (3 types)/prairies (1 type)/zones agricoles hétérogènes (4 types) : possible avec CLC ;
Typologie plus détaillée mobilisée pour l'ACB : il faut utiliser le RPG
- méthode à appliquer avec et sans mesure par commune pour calculer une évolution.

Représentation cartographique

Évolution de surfaces agricoles en zone inondable, suite aux mesures, sous forme de symbole proportionnel, par commune.



Fiches « activités agricoles »

Dans les fiches suivantes, les représentations graphiques illustrent les endommagements à l'aide d'un code couleur commun : le beige clair correspond à un endommagement de 0 %, le rouge vif à un endommagement de 100 % et les valeurs intermédiaires sont représentées par les couleurs du dégradé entre ces deux couleurs. Les unités des axes sont les suivantes : durée en jours et hauteur en cm.

1. Grandes cultures

1.1. Calendriers culturaux

Les calendriers culturaux des principales grandes cultures pour le sud-est de la France sont proposés à titre d'exemple.

	Janv.	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.
Cultures d'hiver (Blé, Colza)	Tallage		Montaison	Epiaison	Maturité		Parcelle nue			Semis - Levée	3 feuilles	
Cultures de printemps (Maïs, Tournesol)	Parcelle nue			Semis - Levée	Croissance		Floraison	Maturité		Parcelle nue		

1.2. Variations de rendement

1.2.1. Céréales d'hiver

Les céréales d'hiver n'ont pas toutes exactement la même sensibilité aux inondations, de la plus sensible à la moins sensible : blé dur, blé tendre, orge. Toutefois, des courbes correspondant au blé dur sont proposées ici et pourront être utilisées pour les autres céréales d'hiver.

1.2.1.1. Semis à Levée

Au stade levée, la plantule de blé fait environ 2 cm.

Les pertes sont totales dès qu'il y a inondation avec plus de 2 cm d'eau et au bout de 2 jours s'il y a 0 cm (sol gorgé d'eau). Entre les deux, le seuil de durée décroît linéairement.

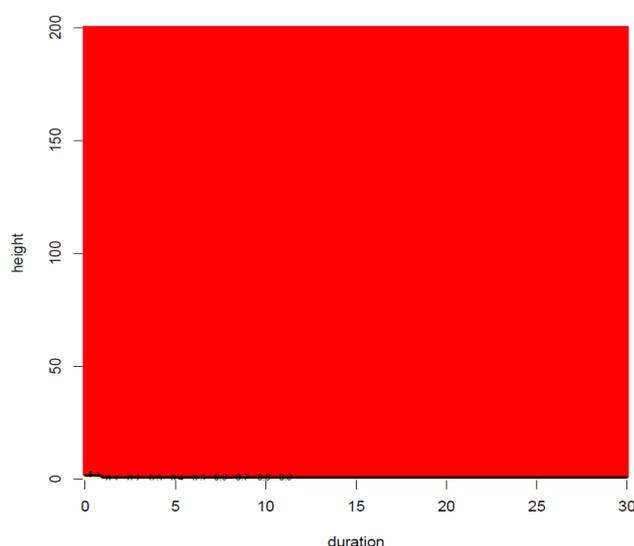


Figure 4 : Baisse de rendement pour le blé dur – stade semis à levée.

1.2.1.2. Levée à 3 feuilles

Entre ces 2 stades, le blé fait en moyenne 10 cm de hauteur.

Les pertes débutent au bout de 7 jours lorsque le sol est gorgé d'eau et sont totales au bout de 7 jours. Avec la plante recouverte d'eau, les pertes débutent à 2 jours (moyenne de 1 jour à la levée et 3 jours à

3 feuilles) et sont totales à 14 jours (d'après l'étude réalisée par la CA de Saône-et-Loire). Entre ces seuils de durée, les pertes sont progressives.

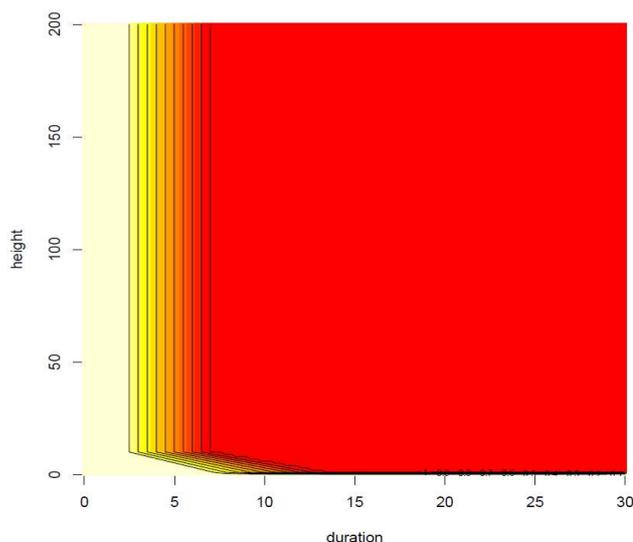


Figure 5 : Baisse de rendement pour le blé dur - stade levée à 3 feuilles

1.2.1.3. 4 feuilles à Tallage

A ce stade la hauteur d'eau n'a pas d'influence sur les pertes de rendement.

Les pertes débutent au bout de 7 jours et sont totales à 14 jours.

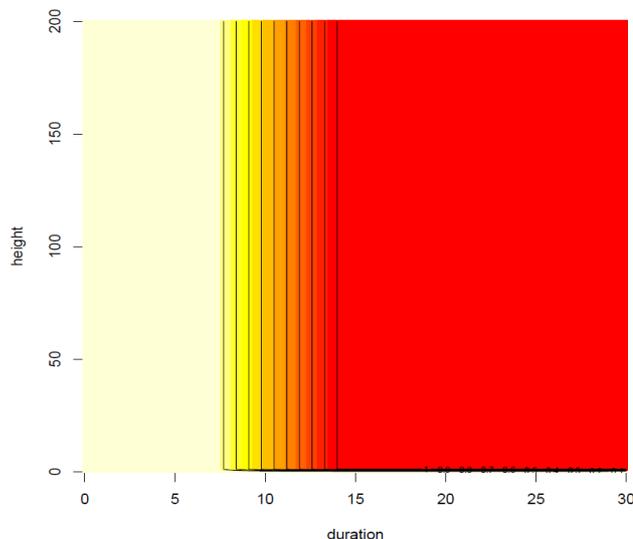


Figure 6 : Baisse de rendement pour le blé dur - stade 4 feuilles à Tallage

1.2.1.4. Montaison (de après Tallage à avant Épiaison)

À la montaison, les informations disponibles sont celles de l'étude de la Chambre d'agriculture de Saône-et-Loire. Les pertes de rendement ne dépendent pas de la hauteur d'eau, comme au stade précédent.

On fait l'hypothèse que les pertes débutent à 2 jours (comme pour le stade Levée à 3 feuilles). À 8 jours les pertes sont de 45 % (entre 40 et 50 %), à 15 jours elles sont de 75 % (entre 70 et 80 %), et à 20 jours elles sont totales. Entre ces durées, elles évoluent de façon linéaire.

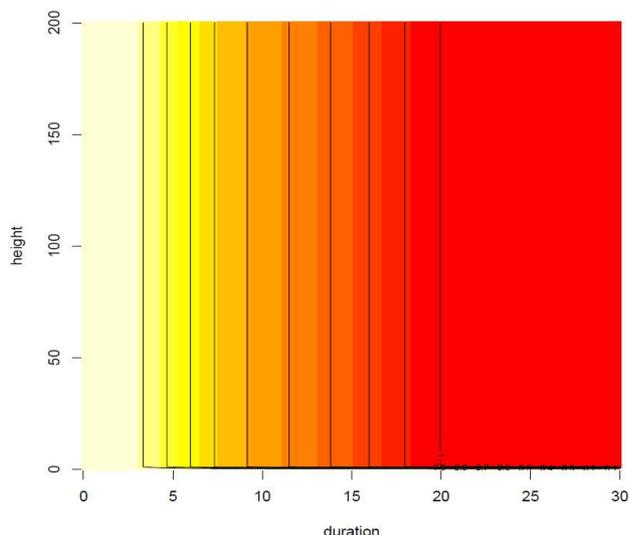


Figure 7 : Baisse de rendement pour le blé dur - stade montaison

1.2.1.5. Épiaison à avant maturité

A ce stade, on fait l'hypothèse que les effets de l'asphyxie sont les mêmes qu'au stade tallage. Les pertes sont causées à partir de 7 jours et sont totales à 14 jours. De plus, l'épi est très sensible à l'humidité et germe au bout d'1 jour s'il est en contact avec l'eau. L'épi est environ à 60 cm.

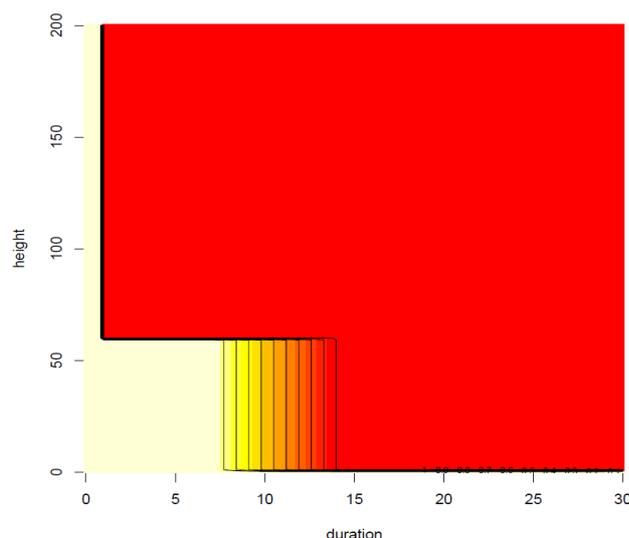


Figure 8 : Baisse de rendement pour le blé dur - stade épiaison à avant maturité

1.2.1.6. Maturité

À ce stade, la plante a fini son cycle, il n'y a donc plus de risque d'asphyxie. Les seules pertes qu'il peut y avoir sont si l'épi est en contact de l'eau et qu'il germe (au bout d'1 journée), alors les pertes sont totales. L'épi est environ à 100 cm du sol.

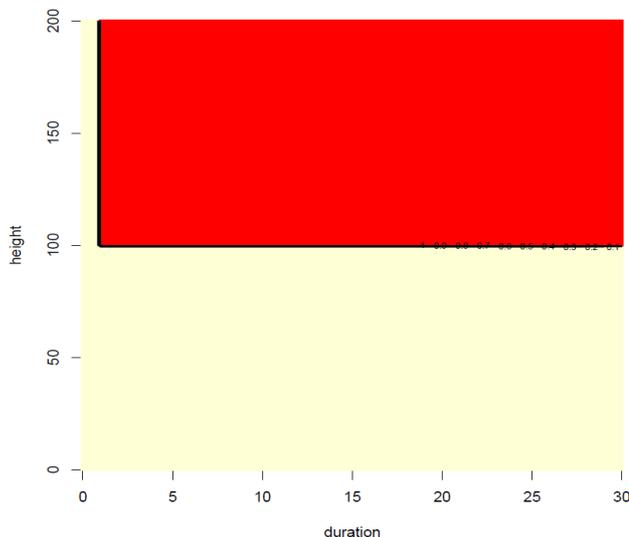


Figure 9 : Baisse de rendement pour le blé dur - stade maturité

1.2.2. Colza

Pour le colza, plante oléagineuse semée à l'automne, les baisses de rendement sont relativement similaires aux pertes prévues pour le blé dur (étude Saône-et-Loire).

Des correspondances peuvent être faites entre les stades du colza et blé dur. Le colza atteint son stade « Rosette » à peu près à la même période que le blé le stade « 3 feuilles ».

1.2.2.1. Semis à levée

La fonction de baisse de rendement est identique à celle du même stade pour le blé dur.

1.2.2.2. Rosette

À ce stade, le comportement du colza vis-à-vis d'une inondation est similaire à celui d'un blé dur au stade 4 feuilles à Tallage, mais avec une sensibilité beaucoup plus grande. Les pertes débutent à 1 jour d'inondation et sont totales au bout de 5 jours, elles ne varient pas non plus avec la hauteur d'eau.

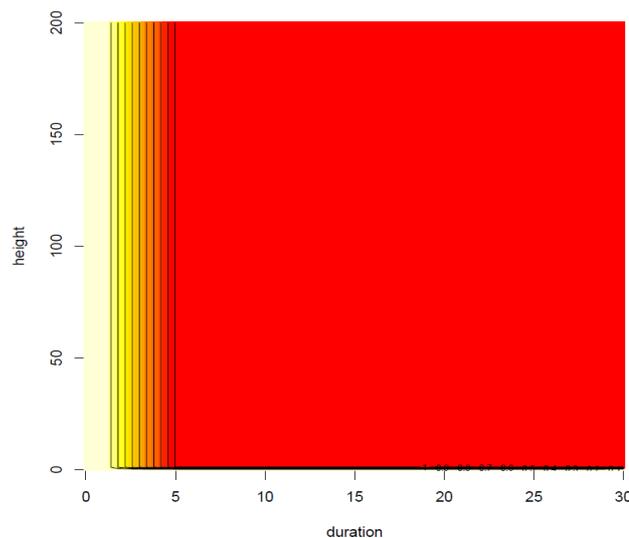


Figure 10 : Baisse de rendement pour le colza - stade rosette

1.2.2.3. Montaison

La courbe de baisse de rendement du colza à ce stade est identique à celle du blé dur au même stade.

1.2.2.4. Floraison à avant maturité

La courbe de baisse de rendement du colza à ce stade est identique à celle du blé dur au stade épiaison à avant Maturité. La hauteur de la fleur de colza est à peu près la même que celle de l'épi de blé.

1.2.2.5. Maturité

La courbe de baisse de rendement du colza à ce stade est identique à celle du blé dur au même stade. La hauteur de la fleur de colza est à peu près la même que celle de l'épi de blé.

1.2.3. Cultures de printemps/été (tournesol, maïs)

Les baisses de rendements dues aux inondations pour les cultures d'été sont relativement similaires dans leur forme à ceux du blé dur, avec toutefois les stades entre la levée et le tallage absents. Les valeurs des seuils sont différentes à certains stades.

1.2.3.1. Semis à levée

Les courbes de baisse de rendement du maïs et du tournesol à ce stade sont identiques à celle du blé dur au même stade.

1.2.3.2. 2 feuilles à avant floraison

Pendant ce stade, la sensibilité des plantes est à peu près similaire à celle du blé dur au stade montaison. Toutefois les pourcentages de baisse de rendement pour une même durée de submersion diffèrent. La hauteur d'eau n'influence pas les baisses de rendement.

On considère que le tournesol et le maïs subissent les mêmes pertes à ce stade.

Comme pour le blé au stade montaison, les pertes débutent à 2 jours et sont totales à 15 jours (dire d'expert). Entre ces 2 durées de submersion, les pertes sont progressives linéairement. Pour 8 jours de submersion, les pertes seront donc d'environ 50 %, ce qui correspond au pourcentage fourni par l'étude Saône-et-Loire pour le maïs.

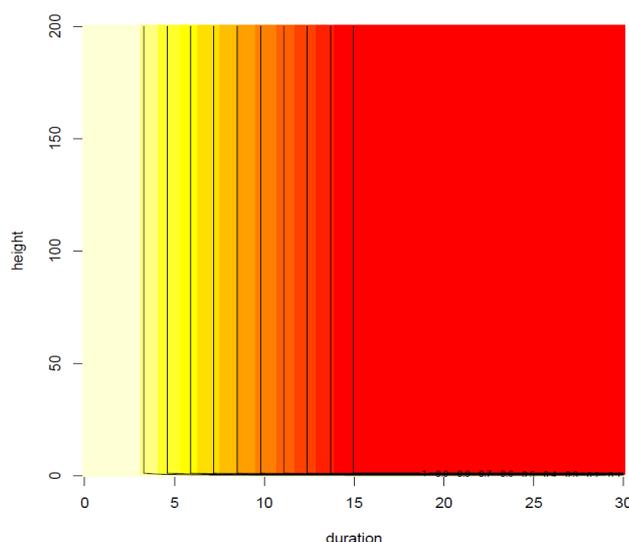


Figure 11 : Baisse de rendement pour le maïs et le tournesol - stade 2 feuilles à avant floraison

1.2.3.3. Floraison à avant maturité

À ce stade, les pertes suivent le même comportement que pour le blé au stade épiaison à avant maturité. Avec toutefois des hauteurs d'épi ou de fleurs différentes.

Tournesol

Les capitules de tournesol sont environ à 120 cm à ce stade.

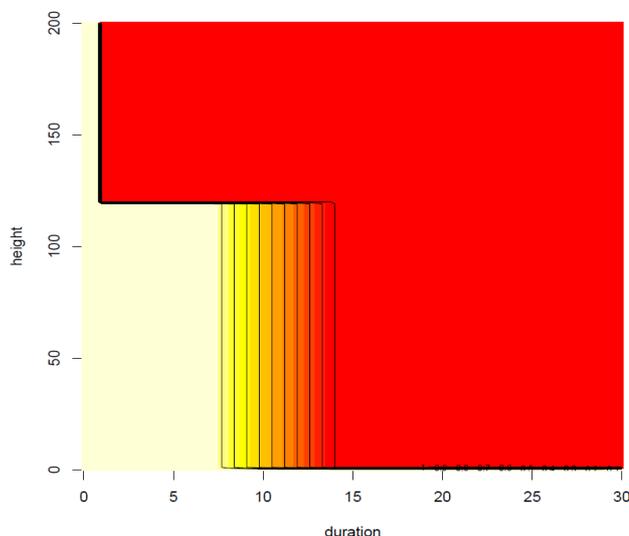


Figure 12 : Baisse de rendement pour le tournesol - stade floraison à avant maturité

Maïs

Les épis de Maïs sont environ à 150 cm à ce stade.

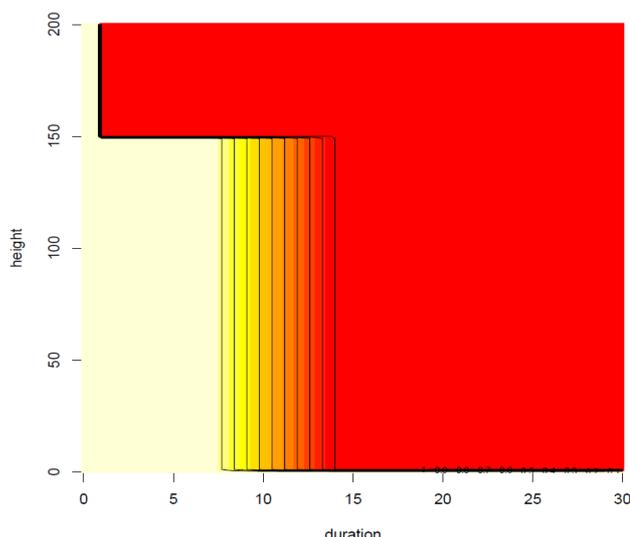


Figure 13 : Baisse de rendement pour le maïs - stade floraison à avant maturité

1.2.3.4. Maturité

Les courbes de baisse de rendement du tournesol et du maïs au stade maturité ont la même forme que celle du blé dur au même stade. Les épis ou fleurs sont sensibles à l'eau mais la plante sèche ne risque plus d'être affectée par les effets de l'asphyxie.

Tournesol

Le tournesol est moins sensible à la germination que le blé mais les graines peuvent facilement être emportées si une inondation survient avec une hauteur d'eau atteignant les capitules et restant plus d'1 jour. Ils sont environ à une hauteur de 150 cm à ce stade.

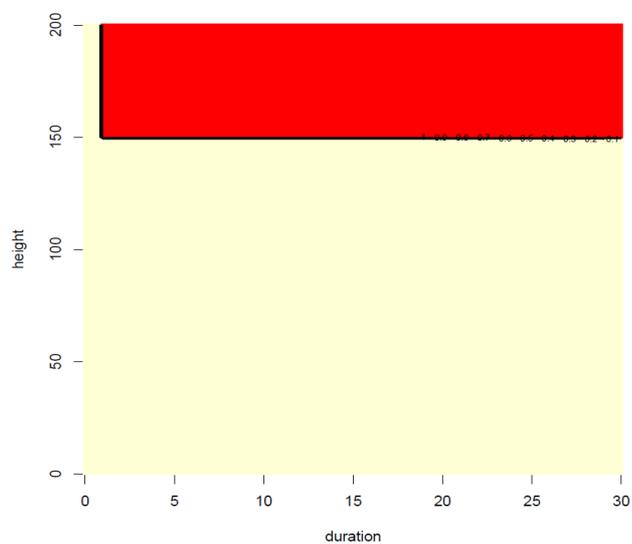


Figure 14 : Baisse de rendement pour le tournesol - stade maturité

Maïs

L'épi de maïs est très peu sensible à la germination. Il peut rester au contact de l'eau pendant 2 semaines sans être endommagé. Les épis de maïs sont à une hauteur d'environ 180 cm à ce stade.

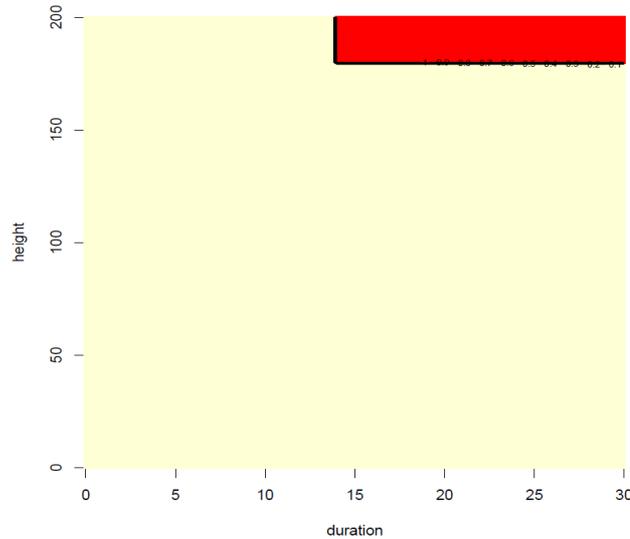


Figure 15 : Baisse de rendement pour le maïs - stade maturité

1.2.4. Effet du courant

Les courbes proposées ci dessus correspondent à une inondation avec un faible courant.

À tous les stades, le courant peut causer des dégâts sur les plants. La hauteur d'eau et la durée n'influencent pas cet effet. Lorsqu'il y a arrachage ou couchage des plants, les pertes seront de 100 %.

Pour les céréales d'hiver, aux stades de semis à 3 feuilles, un courant moyen suffit à arracher les plantes. Les autres grandes cultures (colza, tournesol et maïs) sont susceptibles d'être arrachées par un courant moyen du stade semis au stade levée.

De 4 feuilles à épisaison, il faut un courant fort pour arracher le blé. De même pour le colza, le tournesol et le maïs de après la levée jusqu'à avant la floraison.

Ensuite (épiaison, ou floraison selon les cultures, à maturité) le blé et le colza peuvent également être arrachés par un courant fort, mais un courant moyen suffit à coucher les plantes et donc à causer la pourriture de l'épi ou de la fleur. Le tournesol et le maïs ne sont pas soumis au risque de couchage, ces cultures seront par contre également arrachées avec un courant fort du stade floraison à maturité.

1.2.5. Poursuite et ressemis

Les décisions prises par les agriculteurs suite à une inondation dépendent dans la réalité de nombreux facteurs : pertes de rendement prévisibles, charges déjà engagées, état de la trésorerie, météo prévue pour la saison, possibilité d'irriguer, texture du sol, aversion au risque, etc.

Pour ne considérer ici que les facteurs prévisibles et disponibles, on propose les règles de décisions simplifiées suivantes en fonction de la baisse de rendement causée par l'inondation et de la date exprimée en fonction du stade atteint par la culture inondée :

Culture en place au moment de l'inondation	Baisse de rendement causée	Règle de décision	Commentaire	Rendement attendu (culture poursuivie ou nouvelle culture)	Domages	
Parcelle nue prévue pour semis d'automne	0 %	Semis réalisé normalement si la parcelle est remise en état et accessible avant : a) mi-novembre pour les cultures d'hiver ; b) fin avril pour les cultures de printemps.	Semis d'une culture de printemps si le délai est dépassé pour les cultures d'hiver.	100 %	Aucun.	
Culture d'hiver	< 30%	Poursuite.		> 70%	Baisse du produit lié à la baisse de rendement.	
	30 à 40 %	Novembre (semis à après levée) : sur-semis avant le 15 déc.		100 %	Frais de sur-semis.	
		Autre période : idem > 40%.		Cf. >40%.	Cf. >40%.	
	> 40%	Octobre (semis à levée) : ressemis avant mi-novembre.			100 %	Frais de semis.
		Novembre (levée à après levée) : ressemis avant le 15 déc.			70 %	Frais de semis et baisse du produit lié à la baisse de rendement (- 30 %).
		Décembre-janvier (3 feuilles à tallage) : ressemis en février.			50 %	Frais de semis et baisse du produit lié à la baisse de rendement (- 50 %).
		Février-avril (fin tallage à avant maturité) : semis d'une culture de printemps avant fin avril.	Tournesol si pas d'irrigation. Si irrigation disponible : Maïs ou Sorgho.		100 %	Produit de la culture initiale – produit de la culture de remplacement + consommations intermédiaires de la culture de remplacement – consommations intermédiaires non encore engagées de la culture initiale.

		Mai (maturité) : semis d'une culture de printemps avant mi-juin	Tournesol si pas d'irrigation. Si irrigation disponible : Maïs ou Sorgho.	70 %	Idem ci-dessus.
		Juin-juillet (mi maturité à fin maturité) : poursuite.	Poursuite.	< 60%	Baisse du produit lié à la baisse de rendement.
	> 90%	Novembre-avril (semis à avant maturité) : idem > 40 %.		Cf. >40%.	Cf. >40%.
		Mai-juillet (maturité à fin maturité) : abandon.	Abandon de la culture.	0 %	Produit de la culture initiale - consommations intermédiaires non encore engagées.
Cultures de printemps	<30%	Poursuite.		>70%	Baisse du produit lié à la baisse de rendement.
	>30%	Avril (semis à levée) : ressemis avant fin avril.		100 %	Frais de semis.
		Mai (2 feuilles) : ressemis avant mi-juin.		70 %	Frais de semis et baisse du produit lié à la baisse de rendement (- 30 %).
		Juin-septembre (mi-croissance à maturité) : poursuite.	Poursuite.	< 70%	Baisse du produit lié à la baisse de rendement.
	> 90%	Avril-mai (semis à 2 feuilles) : idem > 30 %.		Cf. >30%.	Cf. >30%.
		Juin-septembre (mi-croissance à maturité) : abandon.	Abandon de la culture.	0 %	Produit de la culture initiale - consommations intermédiaires non encore engagées.

Tableau 3 : Règles de décision fonction de la baisse de rendement

En dehors du cas d'une baisse de rendement supérieure à 90 % causée après la date où il est possible de ressemer une culture, il n'est pas envisagé de situation où l'agriculteur abandonne complètement sa culture en laissant la parcelle en jachère. Ceci pourrait toutefois arriver dans d'autres cas, notamment si les baisses de rendement sont prévisibles rapidement, mais il est difficile de le prévoir et donc de le prendre en compte.

1.3. Variations de consommation intermédiaires

Les charges liées aux opérations qui nécessitent un passage mécanisé dans les parcelles ne varient pas après une inondation, même s'il y a des pertes de rendement partielles car la surface exploitée reste identique.

Si l'inondation survient sur une parcelle de Maïs à Maturité, il y aura 1 traitement contre les mycotoxines supplémentaire.

Si une nouvelle culture est semée, les consommations intermédiaires sont identiques à l'itinéraire technique habituel. On considère que les différences qu'il pourrait y avoir sont minimales.

Cas particulier :

Dans les régions où la préparation du lit de semence se fait en avance, si l'inondation a lieu après la préparation mais avant le semis, les opérations de travail du sol devront être réalisées à nouveau.

1.4. Travaux de remise en état

1.4.1. Érosion

Une érosion superficielle, ne cause pas forcément l'arrachage des plantes.

Trois niveaux de dégâts peuvent être considérés :

Dégât d'érosion	Courant nécessaire	Travaux	Coût
Pas d'érosion	Absence de courant ou courant faible	Rien.	
Érosion de la couche superficielle (10 cm de profondeur)	Courant moyen	1 h/ha de travail du sol	24 €/ha (Barème BCMA, Déchaumeur+ Tracteur)
Érosion localisée intermédiaire (20 cm)	Courant fort	2 h/ha de labour	49 €/ha (Barème BCMA, Charrue simple + Tracteur)

Tableau 4 : Niveaux de dégâts et travaux de remise en état correspondants

Les inondations avec un courant extrêmement fort qui peuvent causer des dégâts encore plus importants ne sont pas considérées.

1.4.2. Dépôt de débris

Il est difficile de prévoir la quantité et le type de débris qui seront apportés sur une parcelle. On considère donc en moyenne 1 journée de travail par hectare pour 1 personne dont ½ journée avec un tracteur pour évacuer les déchets. Cela représente 136 €/ha (8h de MO à 12€/h + 4 h de tracteur à 10€/h).

2. Viticulture

2.1. Stades culturels de la vigne

Les principaux stades de la vigne et leur enchaînement chronologique sont rappelés :

	Janv.	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.
Vigne	Repos		Débourrement		Floraison	Nouaison		Véraison	Maturité	Vendange	Chute des feuilles	Repos

2.2. Perte de matériel végétal

2.2.1. Par arrachage

Concernant la perte de matériel végétal par arrachage, on retient sur la base des dires d'experts qui corroborent les études existantes, que :

- en l'absence de courant ou avec un courant faible à moyen, il n'y a pas d'arrachage de ceps de vigne, leur enracinement étant profond ;
- avec un courant fort, les ceps sont arrachés à 100 %.

Il n'est pas tenu compte des éventuels effets de la hauteur d'eau, difficile à estimer de manière quantitative et sans approche plus fine de la vitesse du courant.

2.2.2. Par asphyxie racinaire

2.2.2.1. Repos

D'après les dires d'experts, la durée seuil pour l'asphyxie racinaire des vignes est d'environ 30 jours. Toutefois, au sein d'une parcelle, les ceps n'ont pas tous exactement la même résistance à l'asphyxie racinaire. Pour traduire l'existence de ceps plus fragiles ou plus résistants que la moyenne, on introduit donc une fourchette de durée autour du seuil identifié, dans laquelle se produisent les pertes.

On considère une fourchette de plus ou moins 5 jours, c'est-à-dire des pertes qui débutent à 25 jours de submersion, qui sont totales au bout de 35 jours, et qui progressent linéairement entre ces deux durées.

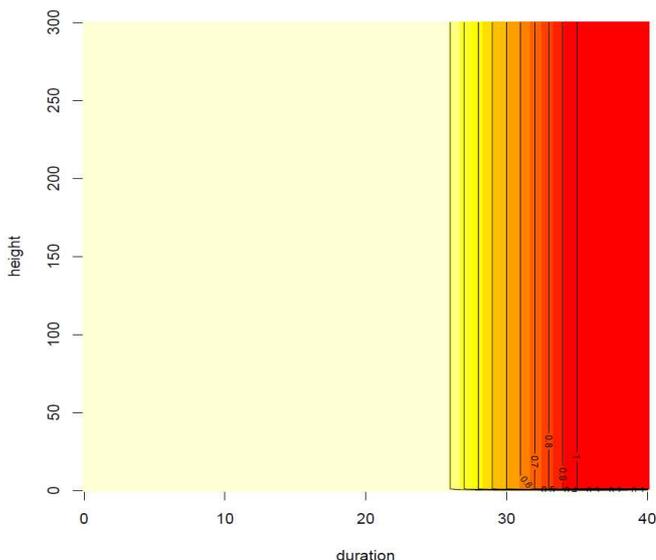


Figure 16 : Perte de matériel végétal due à l'asphyxie racinaire - stade repos

2.2.2.2. Véraison – 10 jours à chute des feuilles

Pendant le stade de 10 jours avant la véraison à la chute des feuilles, les racines ne repoussent plus. On considère donc d'abord ce stade car la courbe du stade précédent où les racines peuvent repousser, sera basée dessus.

Le feuillage est majoritairement compris entre 50 cm et 200 cm (vignes palissées). Sur la base des dires d'experts, la durée seuil d'asphyxie est de 7 jours avec moins de 50 cm d'eau et de 3 jours lorsqu'il y a 200 cm d'eau ou plus. Entre ces deux hauteurs, la durée seuil varie linéairement. Comme précédemment, on considère une fourchette de durée autour de ces seuils, on choisit +/- 1 jour.

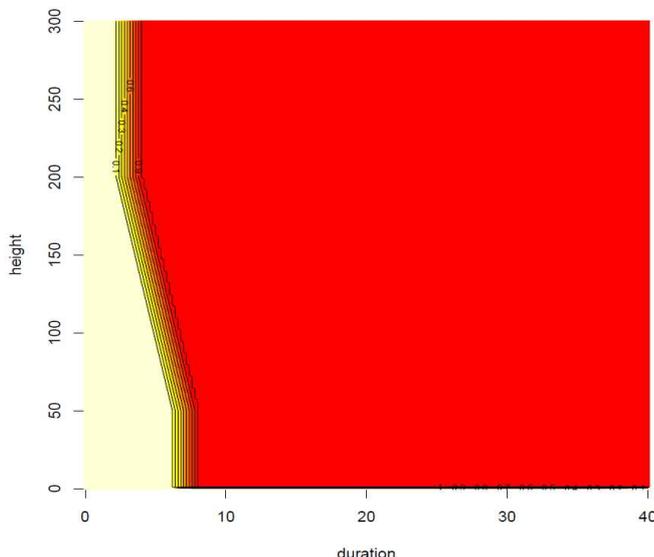


Figure 17 : Perte de matériel végétal due à l'asphyxie racinaire - stade 10 jours avant véraison à chute des feuilles

2.2.2.3. Débourrement à véraison – 10 jours

Le feuillage est compris entre 50 et 150 cm environ (vignes palissées).

À ce stade, la sensibilité est la même qu'au stade suivant mais de nouvelles racines peuvent encore pousser. Les durées seuils entraînant une mortalité définitive sont donc supérieures. On fait l'hypothèse de durées seuil 2 fois plus longues, soit 14 jours avec moins de 50 cm d'eau et 7 jours avec plus de 150 cm d'eau, et une fourchette de +/- 1 jour.

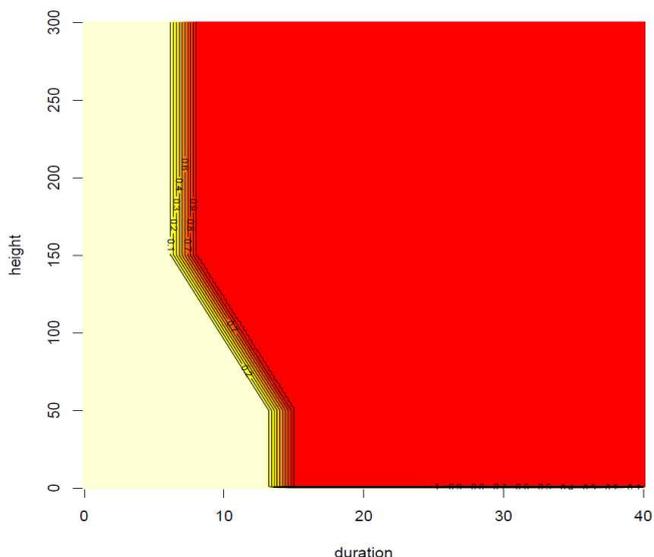


Figure 18 : Perte de matériel végétal due à l'asphyxie racinaire - stade débourrement à 10 jours avant véraison

2.2.3. Stratégie de replantation

2.2.3.1. Facteurs de décision

Les facteurs de décisions déterminant la replantation ou non des ceps manquants voire l'arrachage et la replantation totale des parcelles sont nombreux : pourcentage de manquants, trésorerie de l'exploitation, âge des vignes, appellation éventuelle, etc. Toutefois, tous ces éléments ne sont pas disponibles lors d'une étude sur un territoire. On simplifie donc les règles de décisions proposées pour le calcul des dommages, en les basant sur le critère principal : le pourcentage de manquants. Les paragraphes précédents permettent de prévoir le pourcentage de ceps perdus suite à une inondation.

Idéalement le raisonnement en pourcentage de manquants devrait se faire à l'échelle de la parcelle et non de l'hectare. Ainsi si une parcelle n'est pas touchée uniformément par l'inondation, on recalculera le pourcentage de manquants sur son ensemble. Si le parcellaire n'est pas disponible, on pourra toutefois raisonner à l'hectare d'occupation du sol.

Les règles de décision retenues pour la stratégie de replantation d'une vigne sont les suivantes :

Pourcentage de manquants	Stratégie adoptée et dommages en conséquence.
≤ 10 %	Pas de replantation : perte de la production correspondant jusqu'à la fin de la durée de vie des vignes.
10 à 30 %	Replantation des manquants seulement : frais de replantation et d'entretien associés et perte de la production correspondant pendant le délai d'entrée en production.
> 30 %	Arrachage et replantation de toute la parcelle (ou hectare) : frais de replantation et d'entretien pour toute la surface et perte de la production correspondant pendant le délai d'entrée en production.

Tableau 5 : Règles de décision pour la stratégie de replantation d'une vigne

2.2.3.2. Variations de consommations intermédiaires

La perte de matériel végétal peut également entraîner des variations de consommations intermédiaires, différentes selon la stratégie de replantation adoptée. Les opérations concernées sont principalement la taille et la récolte, qui sont des opérations pour lesquelles le temps consacré dépend du nombre de ceps encore vivants.

Ainsi, les charges dédiées à la vendange (mécanique ou manuelle) sont proportionnelles au pourcentage de matériel végétal vivant. Des économies seront donc réalisées, égales aux charges de vendange habituelles multipliées par la proportion de ceps non productifs, c'est-à-dire les ceps manquants ou les ceps replantés avant leur entrée en production. Ces économies seront donc cumulées sur le reste de la durée de vie des vignes lorsque rien n'est replanté, ou sur la durée d'entrée en production lorsque les ceps ont été replantés partiellement ou totalement.

Les opérations de taille doivent-elles être réalisées sur les jeunes ceps nouvellement plantés de la même façon que sur les autres ceps. Des économies seront donc réalisées sur ce poste uniquement lorsqu'aucun cep manquant n'est replanté, et ce sur le reste de la durée de vie des vignes.

2.2.3.3. Domages liés aux pertes de matériel végétal : exemple

Les valeurs de rendement moyen, de prix de vente, de délai d'entrée en production, de durée de vie, de frais de replantation, de charges liées à la taille et aux vendanges varient d'un cépage à l'autre et selon les spécificités locales. De même, si l'âge moyen des vignes sur le territoire d'étude est connu, il pourra être utilisé. Sinon on considérera que les vignes sont à la moitié de leur durée de vie. Des indications sont données en partie X sur les sources de données qui peuvent être utilisées pour trouver ces données. On propose ici des valeurs références pour le Languedoc-Roussillon, pour des vignes palissées et mécanisées avec un cépage rouge (fiche CER, 2012).

Objet	Valeur	Unité
Frais de replantation	17816	€/ha
Rendement	53	hl/ha
Prix de vente	83	€/hl
Délai d'entrée en production	3	ans
Durée de vie	40	ans
Charges pour la taille	504	€/ha
Charges pour la vendange (mécanisée)	616	€/ha

Tableau 6 : Exemple : données nécessaires au calcul des pertes de matériel végétal

En appliquant les règles décrites ci-dessus, on produit la courbe des dommages liés à la perte de matériel végétal en fonction du pourcentage de ceps perdus du fait de l'inondation.

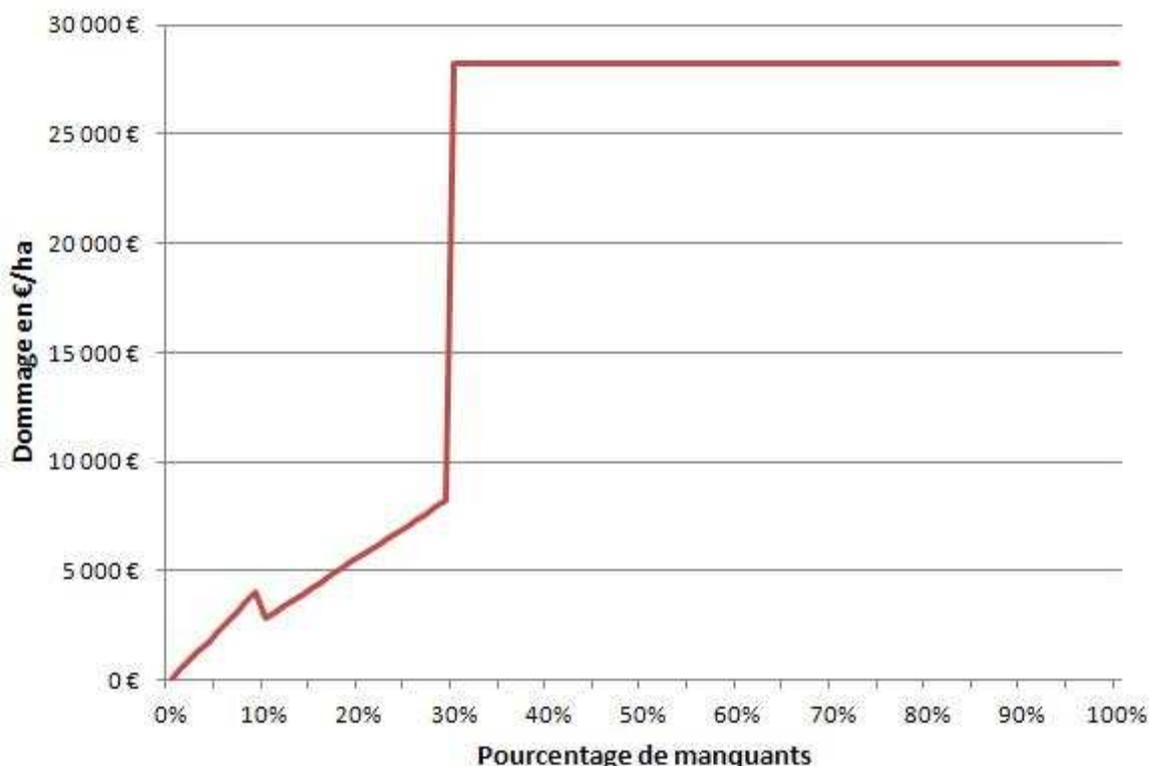


Figure 19 : Dommages liés à la perte de matériel végétal comprenant les variations de produit et de consommations intermédiaires et les frais éventuels de replantation (calcul réalisé avec un taux d'actualisation de 4 %)

Remarque

Au-delà de 10 % de ceps perdus, le dommage généré décroît pour ré augmenter rapidement à partir de 15 % environ. Cet effet est dû au fait que, bien qu'il pourrait être intéressant économiquement de replanter les manquants dès 1 %, concrètement cela représente un temps de travail supplémentaire pour le viticulteur qu'il pourra préférer éviter tant que l'écart à sa production habituelle n'est pas trop élevé.

2.3. Variations de rendement

2.3.1. En année n

2.3.1.1. Repos

En dehors des baisses de rendement liées à la perte de matériel végétal éventuelle, une inondation ne cause pas de baisse de rendement si elle a lieu pendant le repos végétatif de la vigne.

2.3.1.2. Débourrement à avant floraison

Le feuillage est compris entre 50 et 100 cm environ (vignes palissées).

À ce stade, les effets de l'asphyxie impactent le rendement à partir du moment où des racines sont asphyxiées, c'est-à-dire dès 7 jours avec moins de 50 cm d'eau ou 3 jours avec 100 cm d'eau (seuils d'asphyxie en période de végétation sans repousse de racines), bien qu'il n'y ait alors pas encore de mort définitive car de nouvelles racines peuvent repousser. Lorsque l'asphyxie commence à détruire définitivement des ceps, le potentiel de rendement est alors entièrement perdu pour la saison, soit à 14 jours avec 50 cm d'eau et 7 jours avec 100 cm d'eau (seuils d'asphyxie en période de végétation avec repousse de racines). Entre ces seuils, les baisses de rendement sont progressives.

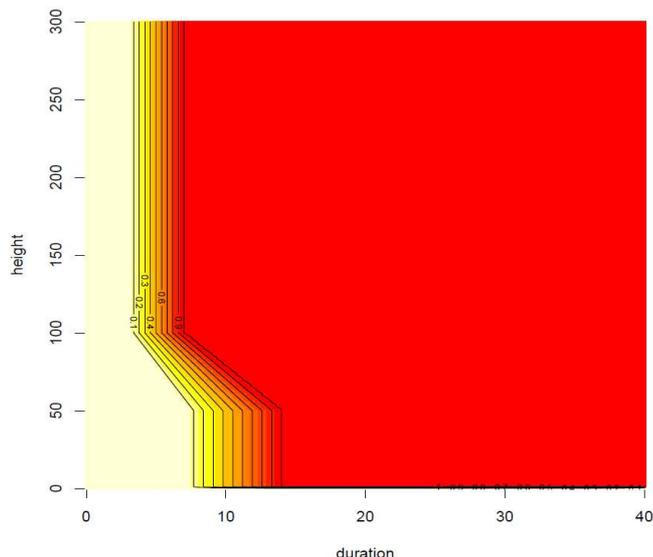


Figure 20 : Baisse de rendement due à l'asphyxie - stade débourrement avant floraison

2.3.1.3. Floraison à avant véraison

Feuillage compris entre 50 et 150 cm environ (vignes palissées).

À ce stade, les effets de l'asphyxie potentiels sont les mêmes qu'au stade débourrement avec une hauteur de feuillage différente.

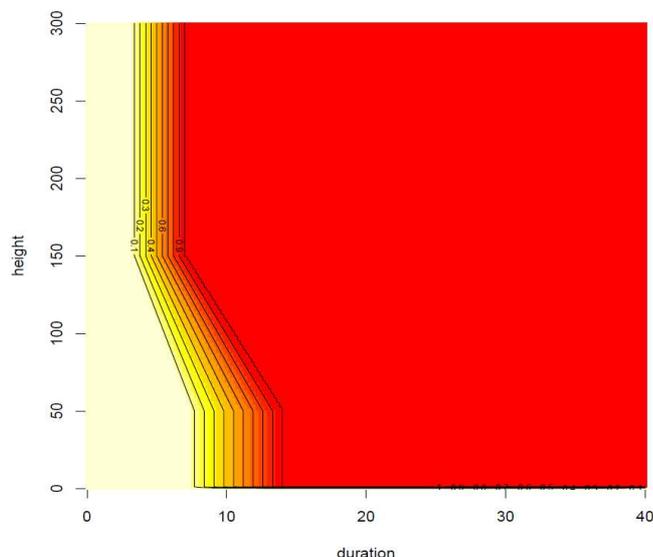


Figure 21 : Baisse de rendement due à l'asphyxie - stade floraison avant véraison

À cela s'ajoute le risque de développement de maladies si l'inondation cause un retard dans les traitements prévus. Pour pouvoir réaliser un traitement, il est nécessaire d'attendre le ressuyage des parcelles. La durée à considérer ici est donc la durée d'inondation plus le temps de ressuyage. Des baisses de rendement du fait de maladies apparaissent à partir d'1 semaine de retard, les pertes atteignent 30 % au bout de 10 jours de retard (moyenne de 10 et 50 % d'après les dires d'experts) et sont de 100 % au bout de 2 semaines de retard dans un traitement.

Entre ces 2 stades, la fréquence de traitements étant d'environ 2 par mois, on considère que l'on est en moyenne à 7 jours du prochain traitement.

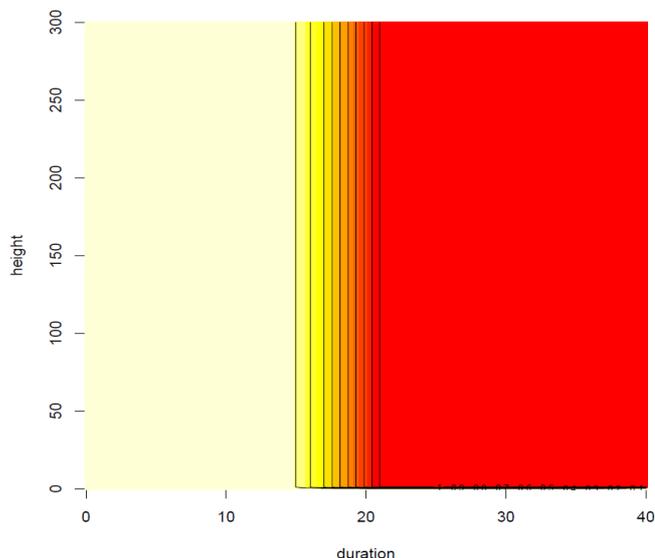


Figure 22 : Baisse de rendement due au développement de maladie - stade floraison à maturité

Ainsi, en cumulant les effets de l'asphyxie et du développement de maladies, on obtient la courbe de baisse de rendement suivante :

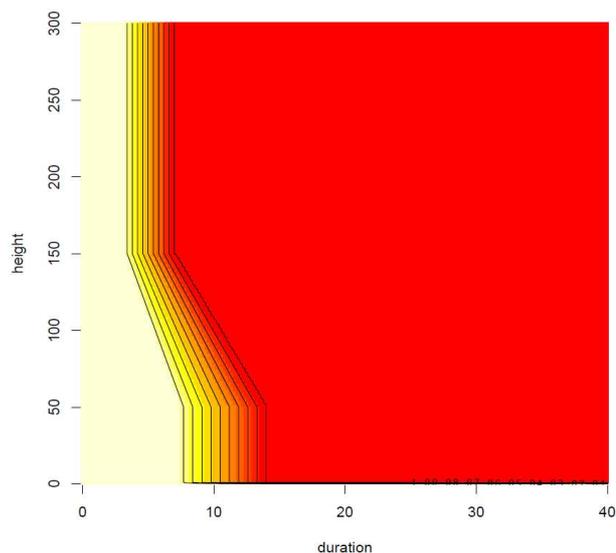


Figure 23 : Baisse de rendement – stade floraison à maturité

2.3.1.4. Véraison à maturité

Les grappes sont situées entre 50 et 100 cm environ, le feuillage est compris entre 50 et 200 cm environ (vignes palissées).

À ce stade, le risque de développement de maladies si un traitement est retardé existe également, il est le même qu'au stade précédent. La fréquence de traitement moyenne est la même qu'au stade précédent.

À cela s'ajoute le risque d'éclatement des baies qui peut se produire même si seulement le sol est inondé, et qui peut causer des pertes partielles à partir de 2 jours d'ennoiement et des pertes totales à 7 jours.

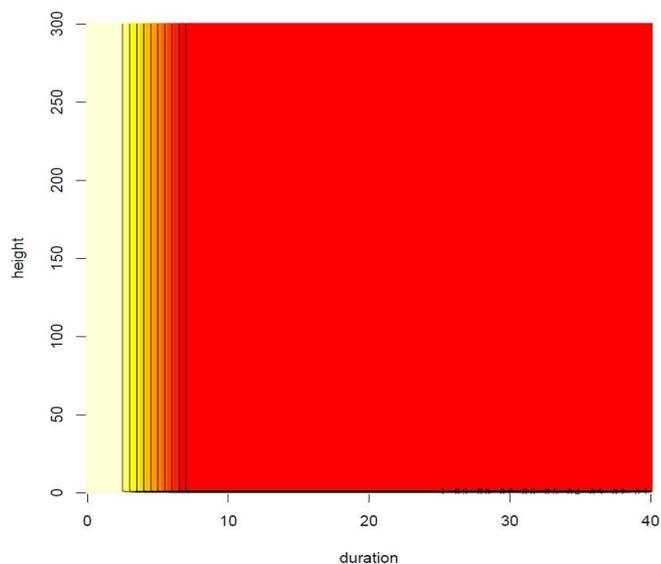


Figure 24 : Baisse de rendement due à l'éclatement des baies - stade véraison à maturité

Lorsque les baies sont touchées, le risque de pourriture des baies existe également. Il est nul en-deça de 2 jours et total au-delà de 5 jours. Entre ces 2 durées, les pertes sont progressives. Entre 50 et 100 cm, la proportion de baies touchées par l'eau augmentant, les pertes augmentent proportionnellement.

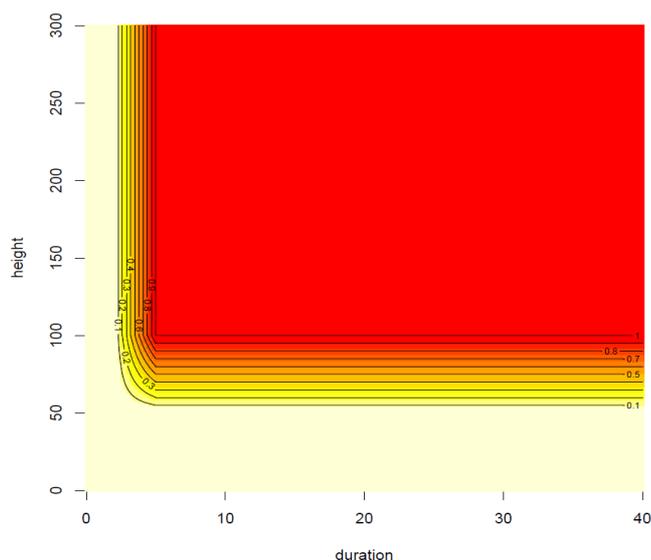


Figure 25 : Baisse de rendement due à la pourriture - stade véraison à vendange

Ainsi en combinant les effets du développement de maladies, de l'éclatement de baies et de la pourriture, on obtient la courbe de baisse de rendement suivante :

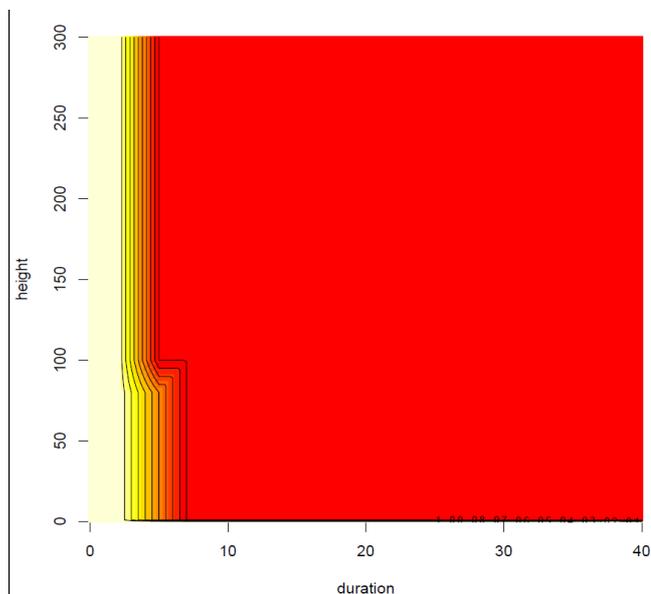


Figure 26: Baisse de rendement – Stade véraison à maturité

2.3.1.5. Vendange

Une inondation au stade où le raisin est prêt à être vendangé causera des pertes très importantes de récolte. Plusieurs raisons à ces pertes : les raisins sont très sensibles à la pourriture, très sensibles à l'éclatement, et il y a un risque de surmaturité si la vendange n'est pas possible dans une fenêtre de 3 à 6 jours (quitte à réaliser une vendange manuelle en cas d'impossibilité d'entrer avec les machines).

Le risque de pourriture est identique au stade précédent.

Le risque d'éclatement est accru. Les pertes débuteront au bout d'un jour d'inondation et sont totales à 3 jours, sans variation avec la hauteur d'eau.

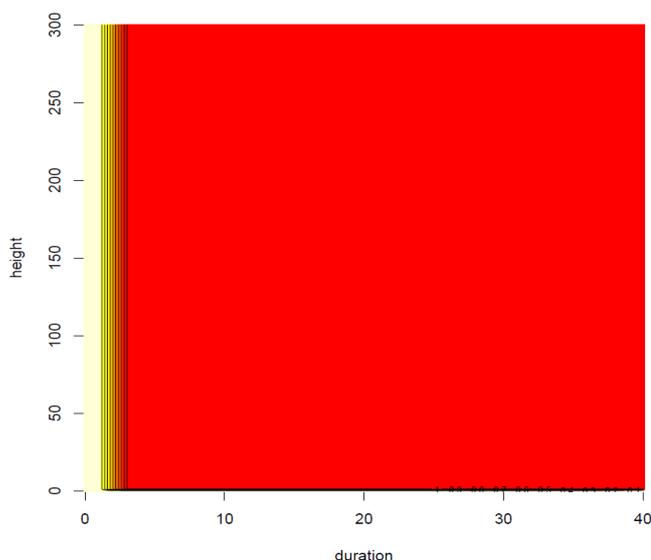


Figure 27 : Baisse de rendement due à l'éclatement des baies - stade vendange

La fenêtre de vendange est comprise entre 3 et 6 jours. Au bout de 3 jours de retard, une partie des raisins arrivera à surmaturité. Les pertes sont donc progressives entre ces deux seuils.

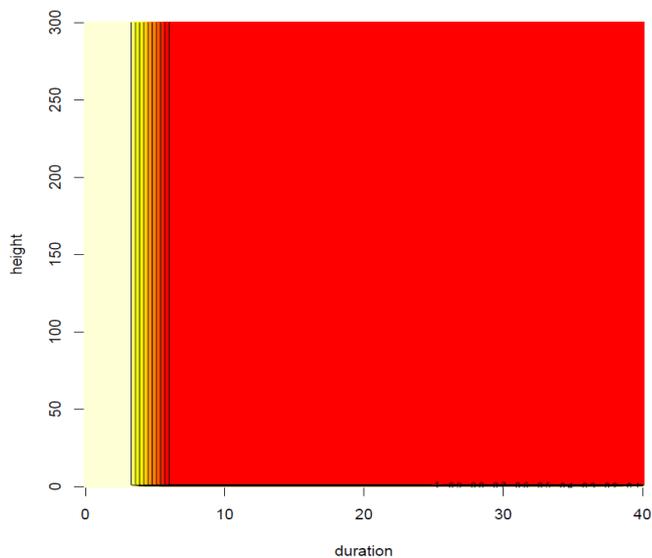


Figure 28 : Baisse de rendement due à la surmaturité - stade vendange

En combinant les effets de l'éclatement de baies, de la pourriture et de la surmaturité, la courbe de baisse de rendement suivante est obtenue :

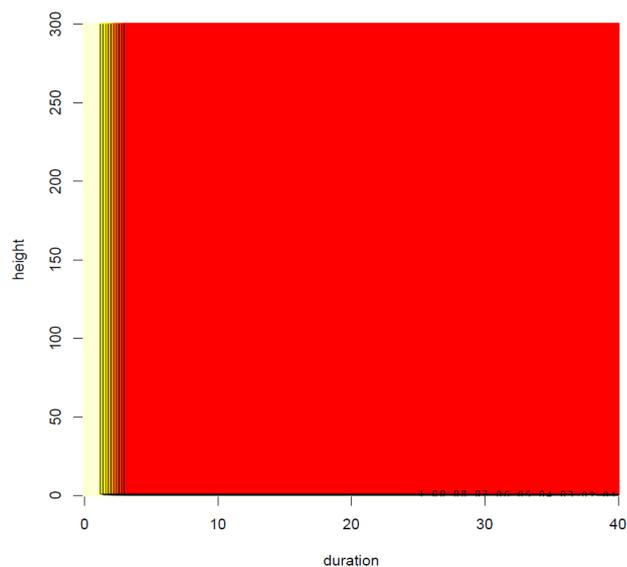


Figure 29 : Baisse de rendement – stade vendange

2.3.2. Pertes liées aux limons

À partir du stade Nouaison, si l'eau d'inondation est chargée en limons et que les baies sont salées, elles ne seront alors pas récoltées. Les pertes sont donc égales à la proportion de baies touchées, proportionnellement à la hauteur d'eau entre 50 (0 %) et 100 cm (100 %).

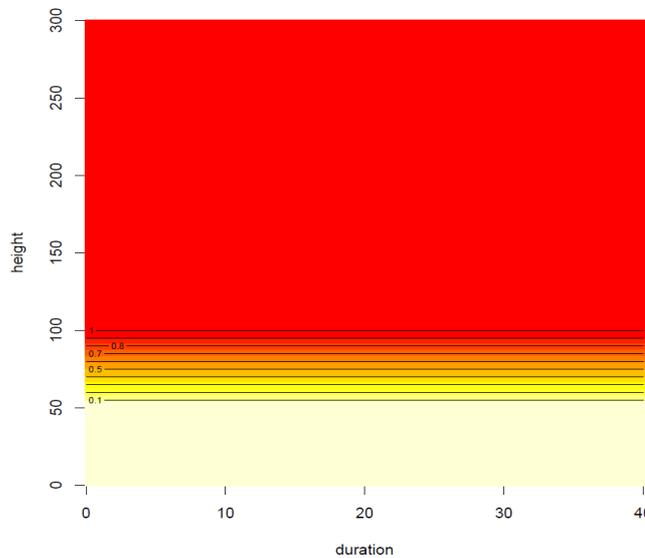


Figure 30 : Perte de rendement due au dépôt de limons - stade nouaison à vendange

2.3.3. En année n+1

Des effets sur le rendement peuvent être observés l'année suivante si une inondation a lieu au débourrement (effet sur la fertilité des bourgeons), à la floraison (effet sur l'induction des inflorescences), ou à la chute des feuilles (effet sur la mise en réserve). Toutefois, les facteurs influençant le rendement étant nombreux (météo principalement), il est difficile d'isoler l'effet inondation. On n'intégrera donc pas ces pertes dans les calculs.

2.4. Variations de consommations intermédiaires

L'inondation peut entraîner des variations de charges principalement sur les opérations de traitements fongiques et de vendange. Les éventuelles conséquences sur la taille ne sont pas prises en compte car difficiles à évaluer et peu significatives. Les variations de consommations intermédiaires décrites ici, sont celles liées directement à l'inondation, celles liées à la perte de matériel végétal sont décrites en partie 2.4.

2.4.1. Traitements

Le stade le plus sensible étant la floraison, 2 traitements supplémentaires seront effectués si une inondation a lieu à ce moment. Au stade suivant (Véraison à Maturité), 1 seul traitement supplémentaire sera réalisé car la sensibilité de la vigne est un peu moindre et le délai avant vendange est trop court il n'est pas possible de faire un traitement trop peu de temps avant la vendange).

Stades	Variations dans le nombre de traitements
Débourrement à avant Floraison	0
Floraison à avant Véraison	+2
Véraison à Maturité	+1
Vendange	0
Chute des feuilles et Repos végétatif	0

Tableau 7 : Nombre de traitements nécessaires fonction des stades

Le coût moyen d'un traitement phytosanitaire (produit, main-d'œuvre et énergie) est d'environ 55,5 €/ha (rapport Eco-Phyto, tome III, INRA, janvier 2009).

Ces traitements supplémentaires et les traitements habituels seront réalisés même si les pertes de production sont importantes car ils sont réalisés préventivement dans le but d'assurer le bon état des ceps en plus de celui de sauvegarder la récolte. De plus, ils seront également réalisés si à la fin de la saison, l'agriculteur décide de replanter une nouvelle vigne car les pertes de matériel végétal ne sont pas forcément prévisibles rapidement.

2.4.2. Vendange

Les variations de charges liées à la vendange l'année de l'inondation, dépendent du mode de vendange habituellement pratiqué sur l'exploitation (vendange mécanisée ou manuelle) et des pertes de rendement.

Dans tous les cas, la vendange n'est réalisée que si la baisse de rendement totale, combinant baisses de rendement liée à l'inondation et liée à la perte de matériel végétal, est inférieure à 90 %. Sinon, la récolte ne sera pas réalisée du tout et les charges de vendange seront entièrement économisées.

Lorsque les pertes de matériel végétal sont importantes (> 30 %), la replantation de la parcelle sera réalisée pendant le repos végétatif. Avant arrachage et replantation, la dernière vendange sera tout de même réalisée.

Vendange habituelle manuelle

Lorsque la vendange est habituellement réalisée manuellement, elle sera réalisée manuellement dans toutes les circonstances, sauf si la baisse de rendement totale est supérieure à 90 %. Les charges liées à une vendange manuelle sont proportionnelles au rendement récolté. S'il y a des baisses de rendement (liées à l'inondation et/ou liées à la perte de matériel végétal), des économies seront donc réalisées sur ces charges, égales aux frais totaux de vendange manuelle multipliés par la perte de rendement totale.

Vendange habituelle mécanisée

Les frais de vendange mécanique sont relativement proportionnels à la proportion de ceps vivants. En effet, lorsque de nombreux ceps sont manquants sur une parcelle, le temps consacré à la vendange diminue. S'il y a des pertes de matériel végétal, des économies seront donc réalisées sur les charges de vendange, égales aux frais totaux de vendange mécanique multipliés par la perte de matériel végétal, sauf si la baisse de rendement totale est supérieure à 90 %. Sinon, s'il n'y a pas de perte de matériel végétal et tant que le rendement est supérieur à 90 % du rendement habituel, aucune économie ne sera réalisée.

De plus, si les parcelles sont inondées à la date prévue de vendange, il pourra être décidé de faire une vendange manuelle pour éviter de perdre toute la récolte qui pourrait arriver à surmaturité si le créneau de vendange était dépassé. Le coût d'une vendange manuelle étant proportionnelle au rendement, dans ce cas, les variations de charges l'année de l'inondation tiendront compte de la baisse de rendement prévue

précédemment. La durée du créneau de vendange est de 6 jours. Si la durée d'inondation dépasse 3 jours (délai avant début de surmaturité), et que la baisse de rendement totale est inférieure à 90 %, la décision de vendanger manuellement sera donc prise, afin de garder le temps de réaliser les opérations de vendange (3 jours). Au-delà de 6 jours d'inondation, les raisins seront tous à surmaturité et la vendange ne sera donc pas réalisée. Si les pertes de matériel végétal sont importantes et que la replantation de la parcelle a été décidée, la vendange sera réalisée mécaniquement ou ne sera pas réalisée (au-delà de 3 jours d'inondation donc).

Pour un rendement de 100 %, les charges de vendange moyennes sont les suivantes :

	Temps de travail (h/ha)	MO (€/h)	Coût matériel (€/h)	Total (€/ha)
Vendange manuelle	100	12	0	1200
Vendange mécanique	7	12	76	616

Tableau 8 : Charges de vendange moyennes

Ainsi, les vendanges se dérouleront comme suit selon la durée d'inondation, avec ΔR la baisse de rendement causée par l'inondation et pour une situation sans perte de matériel végétal :

Stade		Débourrement à avant vendange	Vendange			
Durée			< 3 jours	3 à 6 jours	> 6 jours	
Mode de vendange adopté		Mode de vendange habituel (mécanique ou manuel) ou Pas de vendange	Mode de vendange habituel (mécanique ou manuel) ou Pas de vendange	Vendange manuelle ou Pas de vendange	Pas de vendange	
Variation de consommations intermédiaires liées à la vendange dans les dommages	Mode de vendange habituel : mécanique	$\Delta R \leq 90 \%$	0 €/ha	0 €/ha	616-1200* ΔR €/ha	/
		$\Delta R > 90 \%$	616 €/ha	616 €/ha	616 €/ha	616 €/ha
	Mode de vendange habituel : manuelle	$\Delta R = 0$	0 €/ha	0 €/ha	/	/
		$\Delta R \leq 90 \%$	1200* ΔR €/ha	1200* ΔR €/ha	1200* ΔR €/ha	/
		$\Delta R > 90 \%$	1200 €/ha	1200 €/ha	1200 €/ha	1200 €/ha

Tableau 9 : Déroulement des vendanges

2.5. Travaux de remise en état

3 types de travaux de remise en état peuvent être nécessaires : le nettoyage des vignes, la réparation du palissage, l'apport ou l'enlèvement de terre.

2.5.1. Nettoyage

Il est difficile de déterminer les conditions d'inondation entraînant un dépôt de déchets dans une parcelle, ainsi que les quantités éventuellement déposées. En effet, ceci est lié aux éléments que l'inondation a pu charrier en amont, à la vitesse du courant permettant ou non le dépôt de déchets, etc. On prendra donc en compte ici uniquement le nettoyage lié aux petits déchets végétaux coincés dans le palissage ou aux petits déchets déposés au sol (sacs plastiques, etc.). Le dépôt de gros objets ne peut pas être prévu.

Le nettoyage des petits débris pourra être effectué au moment de la taille d'hiver ou juste après l'inondation. La durée de nettoyage est d'environ 12 h/ha (Île de Ré). Soit un coût moyen de 1444 €/ha pour le nettoyage (12€/h pour la main-d'œuvre).

2.5.2. Réparation du palissage

Si le courant est moyen, les piquets du palissage pourront être penchés ou tordus. Pour son redressement et le remplacement des piquets tordus, on prévoit 20 h/ha, soit 240 €/ha, auquel il faudrait ajouter le coût du matériel, sauf si l'agriculteur prévoit d'arracher et de replanter entièrement sa parcelle.

Si le courant est fort, les ceps seront arrachés et le palissage également. Les frais d'installation d'un nouveau palissage sont alors compris dans les frais de replantation.

2.5.3. Érosion et apport de terre

En cas de courant extrêmement fort ou de parcelle dans le lit de la rivière, la parcelle pourra devenir inutilisable. En effet, soit l'érosion causera la mise à nue de la roche mère ou l'arrachage complet de la terre, soit le dépôt de terre sera tel que la parcelle ne pourra pas être remise en état. Ce niveau de dégât n'est pas considéré ici dans un premier temps.

En cas de courant fort, il faudra rapporter de la terre ou en enlever pour pouvoir continuer l'exploitation de la parcelle. Les coûts sont alors d'environ 550€/ha, pour en moyenne 1 jour de travail par hectare.

Avec un courant faible ou moyen, il n'y aura pas d'opération spécifique à réaliser. Les travaux du sol habituels permettront de combler ou de niveler les dégâts éventuels.

3. Légumes – Maraîchage

3.1. Calendriers cultureux

On propose les calendriers cultureux de quelques cultures maraîchères (plutôt représentatives du Sud-est de la France) à titre d'exemple.

	Janv.	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.
Asperge	Repos		Récolte			Phase végétative					Repos	
Salade	Rien	Culture					Rien	Culture				
Melon	Rien		Plantation		Croissance		Récolte	Rien				
Courgette	Rien		Plantation		Croissance		Fin récolte	Rien				
Tomate	Rien		Plantation		Début récolte			Fin récolte		Rien		
Carotte	Rien	Semis		Croissance		Récolte		Rien				
Oignon	Rien	Plantation		Croissance					Récolte		Rien	
Pomme de terre	Rien	Plantation		Croissance			Récolte		Rien			

La culture d'asperges est une culture pérenne, elle est donc traitée à part des autres cultures de légumes annuels.

3.2. Asperge

3.2.1. Perte de matériel végétal

L'asperge est une culture pérenne dont la durée de vie est environ de 8 ans.

3.2.1.1. Arrachage

Le risque d'arrachage existe en cas de ravinement, c'est-à-dire lorsque le courant est fort.

3.2.1.2. Asphyxie

Phase de récolte et phase végétative (mars à octobre)

Les pertes de rhizomes par asphyxie débutent à partir de 7 jours d'inondation, sont totales au bout de 14 jours, et augmentent linéairement entre ces 2 seuils. Les turions étant au ras du sol, les pertes ne dépendent pas de la hauteur d'eau.

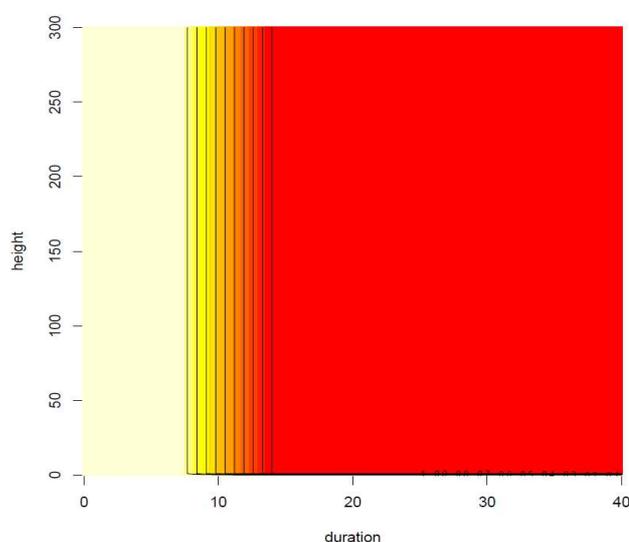


Figure 31 : Perte de matériel végétal pour l'asperge - phase de récolte et phase végétative

Repos végétatif (novembre à février)

Pendant son repos végétatif, la culture d'asperge est moins sensible à l'asphyxie qu'en période végétative. Sans élément précis dans les dires d'expert, on fait l'hypothèse dans un premier temps, que les pertes débutent au bout de 10 jours et sont totales à 20 jours d'inondation.

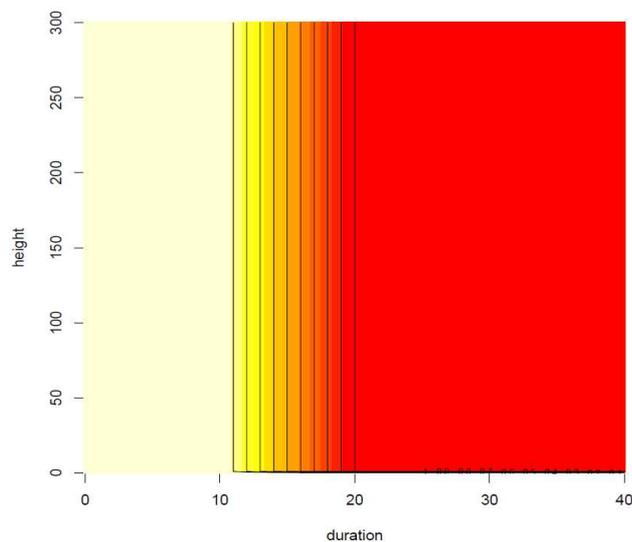


Figure 32 : Perte de matériel végétal pour l'asperge - Repos végétatif

3.2.1.3. Stratégie de replantation

En cas de perte partielle de matériel végétal, il n'est pas possible de replanter qu'une partie d'une parcelle. S'il n'y a pas de replantation totale, les pertes existeront donc jusqu'à la fin de vie de la culture. En l'absence d'information sur l'âge des cultures, on considérera une culture en milieu de vie, soit 4 ans.

On fait l'hypothèse d'une replantation entière de la parcelle à partir de 30 % de perte de matériel végétal. Dans ce cas, la préparation de la parcelle nécessitant 1 an et l'entrée en production 2 ans, l'agriculteur n'aura plus de production pendant 3 ans.

3.2.2. Variations de rendement

Des pertes de rendement peuvent avoir lieu pendant la période de récolte, c'est-à-dire de mars à mai environ. Le reste du temps, seules des pertes de rhizomes pourront être causées par une inondation.

3.2.2.1. Période de récolte (mars à mai)

Les turions sont sensibles aux inondations. En l'absence de dire d'expert précis, on fait l'hypothèse de pertes qui débutent dès 2 jours d'inondation et qui sont totales à 7 jours, sans influence de la hauteur d'eau.

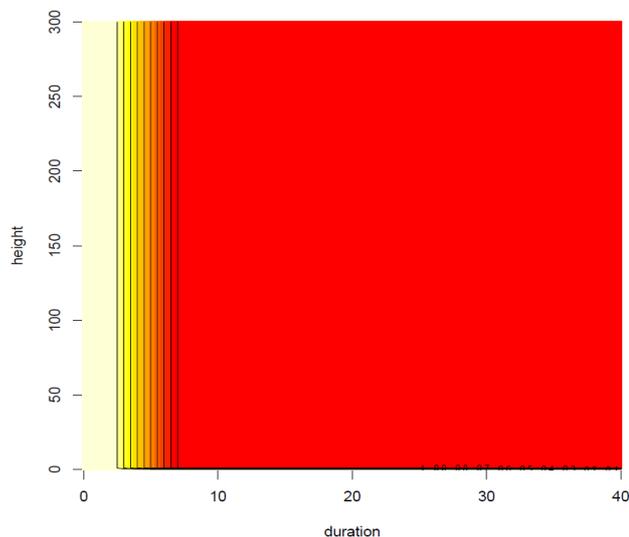


Figure 33 : Baisse de rendement pour l'asperge - période de récolte

3.2.2.2. Phase végétative et repos (juin à février)

Pendant ces périodes, il n'y a pas de perte de rendement, seulement des pertes de matériel végétal.

3.3. **Légumes annuels**

3.3.1. **Variations de rendement**

3.3.1.1. Période de plantation

Courant moyen et fort

Un courant moyen suffit à arracher les jeunes plants des cultures maraîchères.

Courant faible

Pour les salades, un courant faible au début du cycle emportera également les plants.

Pour les autres cultures, les pertes dépendent de la durée d'inondation, la hauteur n'a pas d'influence sur les pertes. En deçà d'une journée, les plants repartiront et il n'y aura pas de perte, au-delà, tout sera perdu. Ce seuil correspond à un compromis entre les différentes valeurs fournies par les experts.

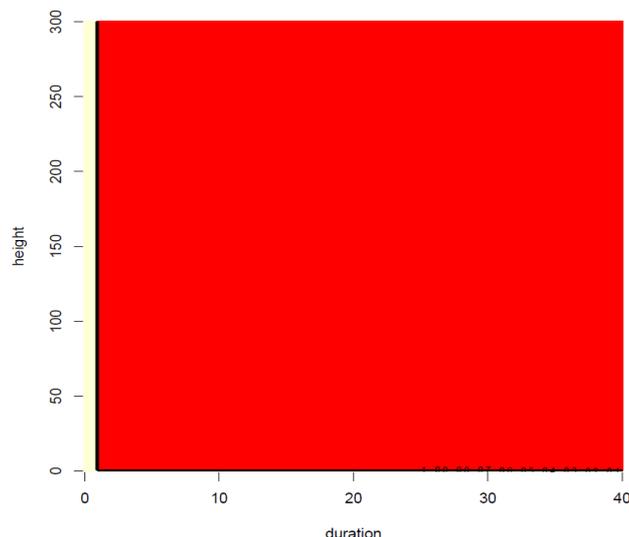


Figure 34 : Perte de rendement pour les cultures maraîchères annuelle - période de plantation

3.3.1.2. Phase de croissance

Courant fort

En cas de courant fort, les plants seront arrachés.

Courant moyen ou faible

Bien que des différences puissent exister selon le type de légumes, il ne semble pas utile de les distinguer car généralement les cultures ne sont pas distinguées dans l'occupation du sol (catégorie « légumes » par exemple). On propose ici les valeurs moyennes issues des dires d'experts, sensiblement identiques pour tous les légumes.

Les pertes débutent à partir d'1 jour d'inondation et sont totales au bout de 3 jours, avec une progression linéaire entre ces 2 seuils. Généralement, les pertes ne dépendent pas de la hauteur d'eau.

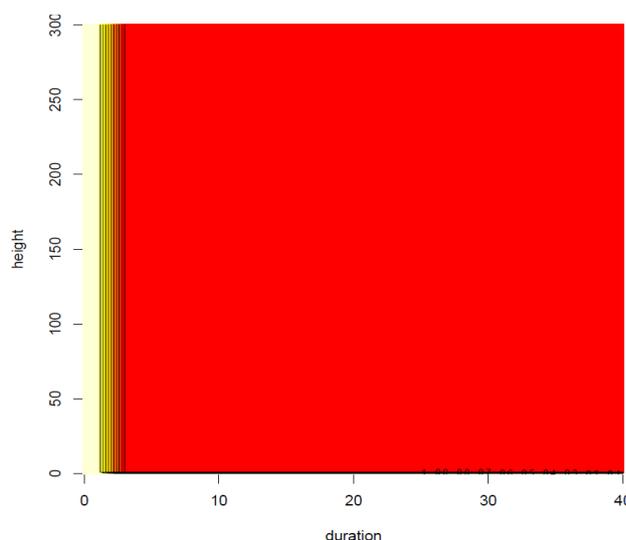


Figure 35 : Perte de rendement pour les cultures maraîchères annuelles (hors cultures palissées) - phase de croissance

Pour les cultures palissées (tomates, aubergines, poivrons), les pertes sont les mêmes que pour les autres légumes lorsqu'il y a plus de 50 cm d'eau. S'il y a moins d'eau, les pertes débutent à 2 jours et sont totales au bout de 3 jours aussi.

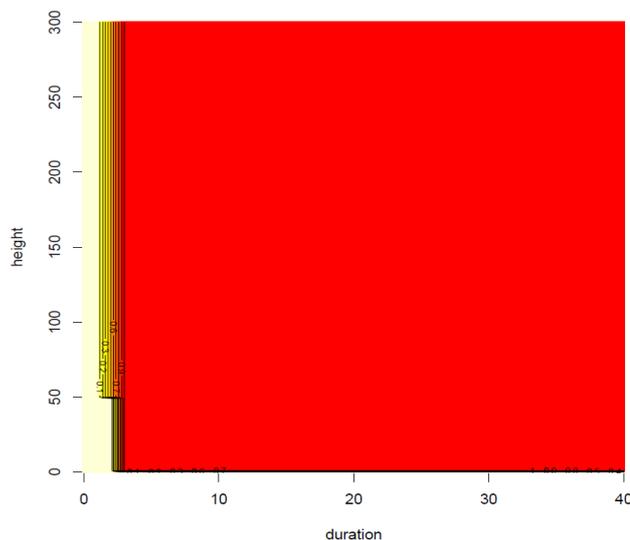


Figure 36 : Perte de rendement pour les cultures maraîchères palissées - phase de croissance

3.3.1.3. Période de récolte

Une fois la phase de récolte débutée, une inondation n'impactera que la production encore en place. Pour calculer la proportion de légumes encore en place, on propose une hypothèse simplificatrice en considérant que la récolte s'étale de façon homogène sur la période.

À ce stade, les légumes non encore récoltés seront entièrement perdus si une inondation survient, du fait des risques de pourriture et de salissure (dépôt de limons ou pollution) importants. Avec un courant fort, les plants seront arrachés et la culture entièrement perdue également.

Exemple :

Ainsi si la période de récolte est de 3 mois, le premier tiers est récolté le premier mois, au bout de 2 mois les deux tiers ont déjà été récoltés, et le dernier tiers est récolté au cours du dernier mois. Si une inondation survient le deuxième mois de la période de récolte, la perte de rendement sera donc de 100 % des légumes non récoltés, soit 67 % de la production habituelle.

3.3.2. **Conditions de poursuite, et de ressemis ou replantation**

3.3.2.1. Conditions de poursuite

Les modalités de poursuite d'une culture inondée dépendent des pertes de rendement subies :

- S'il n'y a pas de perte de rendement, la culture sera poursuivie.
- S'il y a des pertes partielles de rendement, les critères déterminants la poursuite ou non de la culture sont nombreux : perte de rendement, qualité du sol, état de la trésorerie, etc. Ici, on simplifiera les modalités de prise de décision en ne considérant que le pourcentage de perte de rendement, critère principal et facilement disponible. Le seuil d'abandon de la culture varie selon la date du cycle où a lieu l'inondation, ceci notamment du fait des charges déjà engagées à couvrir :
- Dans la première moitié du cycle, la culture sera poursuivie jusqu'à 20 % de perte de rendement. Au-delà, la culture est abandonnée et peut éventuellement être réimplantée selon les modalités décrites dans le paragraphe suivant.
- Dans la deuxième moitié du cycle, la culture sera poursuivie jusqu'à 50 % de perte de rendement. Au-delà, la culture est abandonnée.
- Si la perte de rendement est totale, les conditions de ressemis ou replantation sont décrites ci-dessous.

3.3.2.2. Conditions de ressemis ou replantation

En cas de perte partielle ou totale de rendement et d'abandon de la culture inondée, les conditions de ressemis ou replantation d'une culture varient selon le créneau de plantation de la nouvelle culture et donc selon la date d'inondation :

- Si l'inondation a lieu au début du cycle de la culture, encore dans le créneau de semis ou de plantation, la même culture sera ressemée ou replantée. On ne tient pas compte ici des possibles difficultés à s'approvisionner en plants, ni des possibles variations de rendement en cas de semis tardif.
- Si l'inondation a lieu après le créneau de semis ou de plantation, la culture ne pourra être réimplantée. On fait l'hypothèse qu'aucune culture ne sera implantée à la place, du fait des calendriers en maraîchage prévus à l'avance et qui ne peuvent être bousculés.

Si la même culture est réimplantée, les charges seront identiques à une implantation normale.

3.4. Variations de consommations intermédiaires et synthèse

3.4.1. Variations de consommations intermédiaires

Si la culture est poursuivie même avec des pertes partielles de rendement, les charges de l'itinéraire (hors récolte) ne diminueront pas car la surface exploitée restera identique. Toutefois des variations de consommations intermédiaires peuvent tout de même être générées :

- Les frais de récolte diminueront proportionnellement à la perte de rendement (récolte manuelle).
- Si l'inondation a lieu pendant la période végétative (avant période de récolte), un traitement supplémentaire sera réalisé préventivement pour limiter le développement de maladie ou d'adventices.

Si la culture est abandonnée, les charges non encore engagées seront économisées. Si la même culture est réimplantée, les charges déjà engagées, devront l'être à nouveau pour la nouvelle culture. Les deux postes principaux de consommations intermédiaires en maraîchage sont l'implantation des cultures et la récolte. Pour simplifier les calculs des dommages, on considérera donc seulement ces 2 postes dans les variations de consommations intermédiaires en cas de ressemis/replantation ou en cas d'abandon. Les autres postes de charges qui auront pu être déjà engagés ou économisés ne seront pas pris en compte car moindres.

- En cas d'abandon de la culture, on considère l'économie des frais de récolte non encore engagés.
- En cas de ressemis/replantation, on considère comme dommage les frais de semis/plantation qui devront être renouvelés.

3.4.2. Synthèse

On synthétise dans le tableau ci-dessous les règles de décision pour la poursuite de la culture, en fonction de la date de l'inondation et des pertes subies, ainsi que le dommage associé comprenant les variations de consommations intermédiaires :

Date de l'inondation par rapport au cycle		Perte de rendement	Stratégie adoptée	Domage associé
1re moitié du cycle	Créneau de semis/plantation	< 20 %	Poursuite de la culture.	1 traitement phytosanitaire supplémentaire + Variation de produit associé à la perte de rendement + Économie des frais de récolte proportionnelle à la baisse de rendement.
		> 20 %	Abandon et ressemis/replantation de la même culture.	Frais de semis/plantation.
	Hors créneau de semis/plantation	< 20 %	Poursuite de la culture.	1 traitement phytosanitaire supplémentaire + Variation de produit associé à la perte de rendement + Économie des frais de récolte proportionnelle à la baisse de rendement.
		> 20 %	Abandon de la culture.	Perte du produit + Économie des frais de récolte.
2e moitié du cycle	Hors créneau de récolte	< 50 %	Poursuite de la culture.	1 traitement phytosanitaire supplémentaire + Variation de produit associé à la perte de rendement + Économie des frais de récolte proportionnelle à la baisse de rendement.
		> 50 %	Abandon de la culture.	Perte du produit + Économie des frais de récolte.
	Créneau de récolte	< 50 %	Poursuite de la culture.	Variation de produit associé à la perte de rendement sur la production non encore récoltée + Économie des frais de récolte calculée sur la base de la baisse de rendement et de la production non encore récoltée.
		> 50 %	Abandon de la culture.	Perte du produit associé à la production non encore récoltée + Économie des frais de récolte non encore engagés.

Tableau 10 : Règles de décision pour la poursuite de la culture

Bien que tous les cas de figure du tableau ne soient pas forcément envisagés d'après les pertes de rendement prévues précédemment, ces règles de poursuite pourront être utilisées si une étude plus détaillée est réalisée localement par exemple.

3.5. Travaux de remise en état

3.5.1. Érosion

Des dégâts d'érosion peuvent être causés par un courant fort. Au début du cycle d'une culture, un courant moyen peut également causer de légers dégâts.

Trois niveaux de dégâts peuvent être considérés :

Dégât d'érosion	Courant nécessaire	Travaux	Coût
Pas d'érosion	Absence de courant ou courant faible	Rien.	
Érosion de la couche superficielle (10 cm de profondeur)	Courant moyen en début de cycle	1 h/ha de travail du sol	24 €/ha (Barème BCMA, Déchaumeur+ Tracteur)
Érosion localisée intermédiaire (20 cm)	Courant fort	2 h/ha de labour	49 €/ha (Barème BCMA, Charrue simple + Tracteur)
Érosion importante (ravine > 1 m)	Courant extrêmement fort	3 h/ha de travaux la 1 ^{ère} année 2 jours de chantiers l'année suivante pour rapporter de la terre	73 €/ha (cf. ci-dessus) + 1100 € (transport de sol avec benne, cf entretien viti)

Tableau 11 : Niveaux de dégâts et travaux correspondants

3.5.2. Nettoyage

Il est difficile de prévoir la quantité et le type de débris qui seront apportés sur une parcelle. On considère donc en moyenne 1 journée de travail par hectare pour 1 personne, lorsque le courant est moyen ou fort. Cela représente 96 €/ha (8h de MO à 12€/h).

3.5.3. Dégâts aux tunnels et serres

Si il y a des tunnels ou des serres, ils peuvent être endommagés avec un courant fort. On ne dispose pas des coûts de réparation des abris mais seulement des coûts de construction. Dans un premier temps, on considérera ces coûts (ils devront être vérifiés).

Type d'abris	Coût de construction (€/m ²)
Tunnels	14,80 €/m ²
Serre verre	100 €/m ²
Serre plastique	46 €/m ²

Tableau 12 : Coûts de construction des abris

3.5.4. Dégâts au matériel d'irrigation

Le matériel d'irrigation peut être endommagé avec un courant fort. Les tuyaux peuvent être déplacés. Leur remise en place sera alors faite en même temps que le nettoyage.

Les autres éléments de matériel ne sont pas pris en compte car il est difficile de prévoir s'ils sont situés hors d'eau ou non (pompes, chauffage).

4. Arboriculture

4.1. Calendriers culturaux

On propose quelques exemples de calendriers culturaux pour les principales espèces fruitières, correspondant aux dates pour le sud-est de la France.

	Janv.	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.
Abricot	Repos		Croissance			Maturité		Pér. vég.	Repos			
Cerise	Repos		Croissance	Maturité			Période végétative			Repos		
Pêche	Repos		Croissance			Maturité			Repos			
Poire	Repos		Croissance			Maturité			Repos			
Pomme	Repos		Croissance			Maturité			Repos			

4.2. Perte de matériel végétal

4.2.1. Par arrachage

Remarque

Concernant la perte de matériel végétal par arrachage, on retient sur la base des dires d'experts qui corroborent les études existantes, que :

- en l'absence de courant ou avec un courant faible à moyen, il n'y a pas d'arrachage d'arbres, leur enracinement étant profond.
- avec un courant fort, les arbres sont arrachés à 100 %.

Il n'est pas tenu compte des éventuels effets de la hauteur d'eau, difficile à estimer de manière quantitative et sans approche plus fine de la vitesse du courant.

4.2.2. Par asphyxie racinaire

4.2.2.1. Repos

Les durées seuil avant asphyxie racinaire sont connues pour les principales espèces arboricoles étudiées. Les pertes ne dépendent pas de la hauteur d'eau.

Arbre	Durée seuil avant asphyxie
Poirier	150 jours
Pommier	115 jours
Pêcher et Abricotier	80 jours
Cerisier	75 jours

Tableau 13 : Durées seuil avant asphyxie racinaire – stade repos

Pour traduire l'existence d'arbres plus ou moins sensibles à l'asphyxie, on considère une fourchette de durée autour du seuil de durée, pendant laquelle se produisent les pertes. On fait l'hypothèse d'une fourchette de +/- 10 jours avant et après le seuil. Les pertes d'arbres progressent entre ces 2 durées.

Exemple du Pommier :

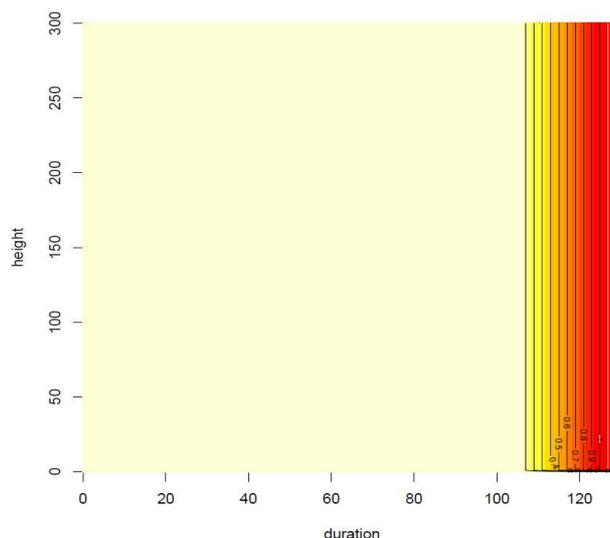


Figure 37 : Perte de matériel végétal - pommier - repos végétatif

4.2.2.2. Période végétative

Pendant la période végétative, les arbres sont plus sensibles à l'asphyxie que pendant leur repos. Les pertes ne dépendent de la hauteur d'eau.

Comme précédemment, on connaît la durée seuil moyenne avant asphyxie.

Arbre	Durée seuil avant asphyxie
Poirier	70 jours
Pommier	35 jours
Pêcher et Abricotier	12 jours
Cerisier	5 jours

Tableau 14 : Durées seuil avant asphyxie racinaire - période végétative

On applique là aussi, une fourchette de durée autour de ce seuil pour traduire les différences de sensibilité des arbres au sein d'une parcelle. À cette période, on choisit +/- 2 jours pour les cerisiers, pêchers et abricotiers, et 5 jours pour les pommiers et poiriers.

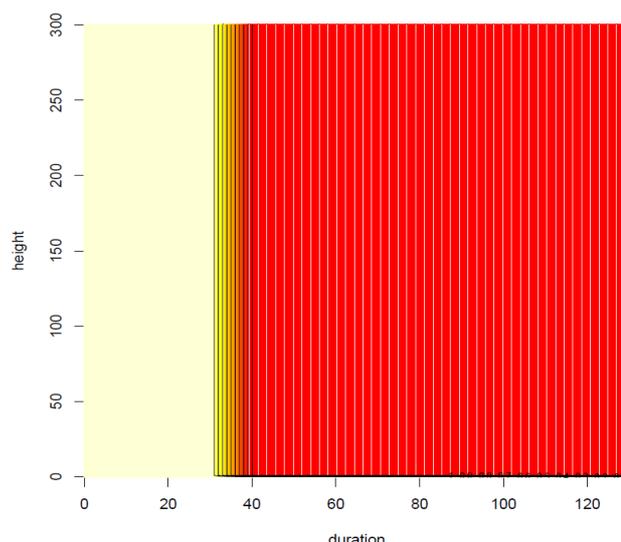


Figure 38 : Perte de matériel végétal - pommier - période végétative

4.2.3. Stratégie de replantation

4.2.3.1. Facteurs de décision

Les facteurs de décisions déterminant la replantation ou non des arbres manquants voire l'arrachage et la replantation totale des parcelles sont nombreux : pourcentage de manquants, trésorerie de l'exploitation, âge du verger, etc. Toutefois, tous ces éléments ne sont pas disponibles lors d'une étude sur un territoire. On simplifie donc les règles de décisions proposées pour le calcul des dommages, en les basant sur le critère principal : le pourcentage de manquants. Les paragraphes précédents permettent de prévoir le pourcentage d'arbres perdus suite à une inondation.

Idéalement le raisonnement en pourcentage de manquants devrait se faire à l'échelle de la parcelle et non de l'hectare. Ainsi si une parcelle n'est pas touchée uniformément par l'inondation, on recalculera le pourcentage de manquants sur son ensemble. Si le parcellaire n'est pas disponible, on pourra toutefois raisonner à l'hectare d'occupation du sol.

Les règles de décision retenues pour la stratégie de replantation d'un verger sont les suivantes :

Pourcentage de manquants	Stratégie adoptée et dommages en conséquence
< 15 %	Pas de replantation : perte de la production correspondant jusqu'à la fin de la durée de vie du verger.
15 à 25 %	Replantation des manquants seulement : frais de replantation et d'entretien associés et perte de la production correspondant pendant le délai d'entrée en production.
> 25 %	Arrachage et replantation de toute la parcelle (ou hectare) : frais de replantation et d'entretien pour toute la surface et perte de la production correspondant pendant le délai d'entrée en production.

Tableau 15 : Règles de décision pour la stratégie de replantation d'un verger

4.2.3.2. Variations de consommations intermédiaires

La perte de matériel végétal peut également entraîner des variations de consommations intermédiaires, différentes selon la stratégie de replantation adoptée. Les opérations concernées sont principalement la taille et la récolte, qui sont des opérations pour lesquelles le temps consacré dépend du nombre d'arbres encore vivants.

Ainsi, les charges dédiées à la récolte sont proportionnelles au rendement et donc en partie au pourcentage de matériel végétal vivant. Des économies seront donc réalisées, égales aux charges de récolte habituelles multipliées par la proportion d'arbres non productifs, c'est-à-dire les arbres manquants ou les arbres replantés avant leur entrée en production. Ces économies seront donc cumulées sur le reste de la durée de vie des vergers lorsque rien n'est replanté, ou sur la durée d'entrée en production lorsque les arbres ont été replantés partiellement ou totalement.

Les opérations de taille doivent elles être réalisées sur les jeunes arbres nouvellement plantés de la même façon que sur les autres arbres. Des économies seront donc réalisées sur ce poste uniquement lorsqu'aucun arbre manquant n'est replanté, et ce sur le reste de la durée de vie du verger.

4.2.3.3. Domages liés aux pertes de matériel végétal : exemple

Les valeurs de rendement moyen, de prix de vente, de délai d'entrée en production, de durée de vie, de frais de replantation, de charges liées à la taille et à la récolte varient d'une variété à l'autre et selon les spécificités locales. De même, si l'âge moyen des vergers sur le territoire d'étude est connu, il pourra être utilisé. Sinon on considérera que les arbres sont à la moitié de leur durée de vie. Des indications sont données en partie X sur les sources de données qui peuvent être utilisées pour les trouver. On propose ici des valeurs références pour le Languedoc-Roussillon, pour un verger de pomme gala palissé (fiche CER, 2012).

Objet	Valeur	Unité
Frais de replantation	33469	€/ha
Rendement	50	t/ha
Prix de vente	350	€/t
Délai d'entrée en production	3	ans
Durée de vie	15	ans
Charges pour la taille	6106	€/ha
Charges pour la récolte	2490	€/ha

Tableau 16 : Exemple : données pour l'évaluation des pertes au matériel végétal

En appliquant les règles décrites ci-dessus, on produit la courbe des dommages liés à la perte de matériel végétal en fonction du pourcentage d'arbres perdus du fait de l'inondation.

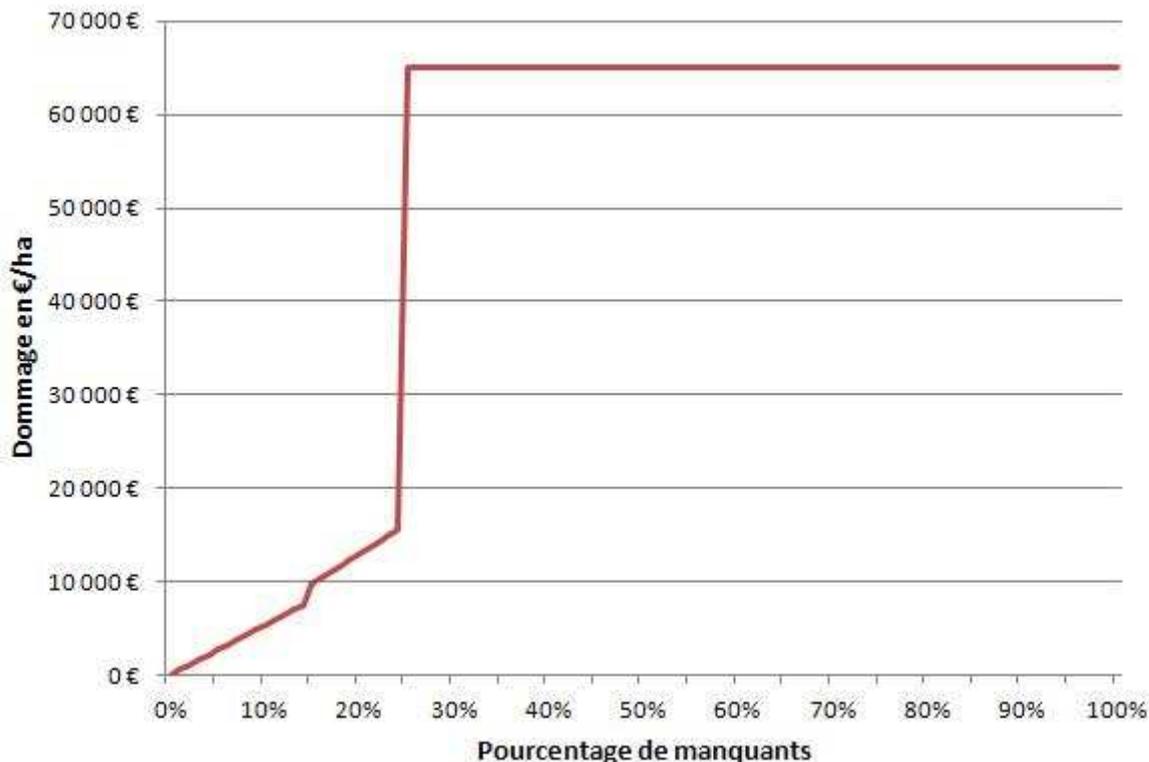


Figure 39 : Dommages liés à la perte de matériel végétal comprenant les variations de produit et de consommations intermédiaires et les frais éventuels de replantation (calcul réalisé avec un taux d'actualisation de 4 %)

Remarque

Au-delà de 15 % d'arbres perdus, lorsque les manquants sont replantés, il se peut que le dommage généré décroît pour ré augmenter rapidement ensuite. Ce n'est pas le cas avec les valeurs choisies ici mais cela peut se produire. Ceci est dû au fait que, bien que parfois il pourrait être intéressant économiquement de replanter les manquants dès 1 %, concrètement cela représente un temps de travail supplémentaire pour l'agriculteur qu'il pourra préférer éviter tant que l'écart à sa production habituelle n'est pas trop élevé. De plus il peut être difficile d'exploiter un verger dans lequel l'âge des arbres est trop hétérogène.

4.3. Variations de rendement

4.3.1. En année n

4.3.1.1. Repos

En dehors des éventuelles baisses de rendement liées à la perte de matériel végétal, une inondation ne cause pas de baisse de rendement si elle a lieu pendant le repos végétatif des arbres.

4.3.1.2. Floraison et Croissance

En l'absence d'éléments précis sur la sensibilité des arbres aux baisses de rendement pendant le stade Floraison, on construit des courbes uniques pour toute la période végétative. C'est également le cas des courbes proposées dans l'étude Symadrem.

À ce stade, les baisses de rendement peuvent être dues aux effets de l'asphyxie sur la croissance des fruits qui se font ressentir même si l'eau n'est pas en contact avec les fruits, aux effets du contact eau/fruits qui peut causer le pourrissement des fruits, ou au développement de maladies.

Pour des pommiers inondés sans contact avec les fruits (moins de 80 cm), les baisses de rendement débutent à partir de 10 jours (diminution du calibre des pommes) et sont totales au bout de 15 jours. Avec la totalité des fruits sous l'eau (au-delà de 2 m), les pertes débutent à partir de 3 jours et sont totales au bout de 5 jours. Entre ces seuils, les baisses de rendement sont linéaires.

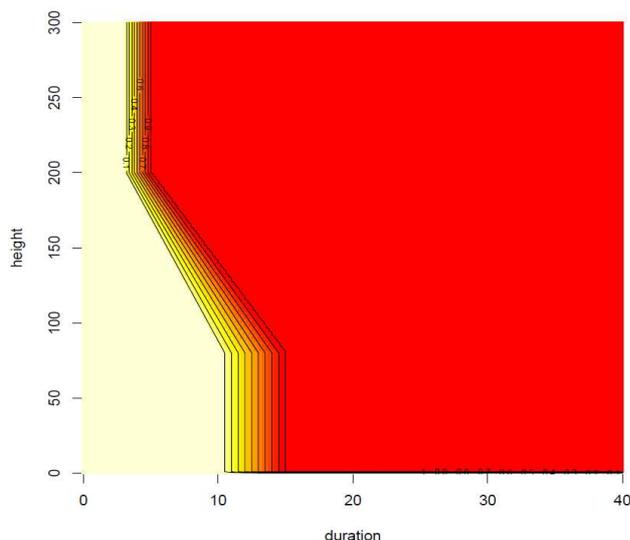


Figure 40 : Baisse de rendement - pommier - stades floraison et croissance

Les poiriers étant plus sensibles aux effets de l'asphyxie, on fait l'hypothèse de pertes qui débutent plus tôt lorsqu'il y a moins de 80 cm d'eau et qui sont plus rapides, soit entre 7 et 10 jours. Les effets liés au contact des fruits avec l'eau sont les mêmes.

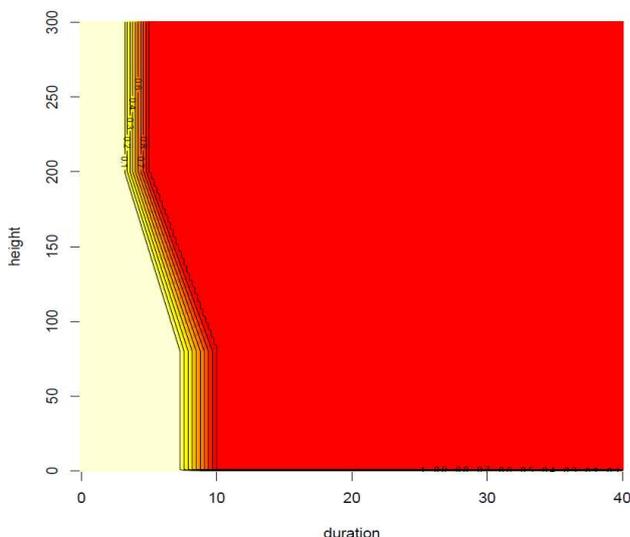


Figure 41 : Baisse de rendement - poirier - stades floraison et croissance

Pour les arbres à fruits à noyaux, les fruits sont beaucoup plus sensibles au pourrissement et à l'éclatement. Avec plus de 2 m d'eau, les pertes sont donc totales dès 1 jour. Concernant les effets de l'asphyxie, les cerisiers sont plus sensibles que les pêchers et abricotiers (voir durées seuil d'asphyxie). Avec moins de 80 cm d'eau, les pertes ont donc lieu entre 1 et 3 jours pour les Cerisiers et entre 7 et 10 jours pour les pêchers et abricotiers.

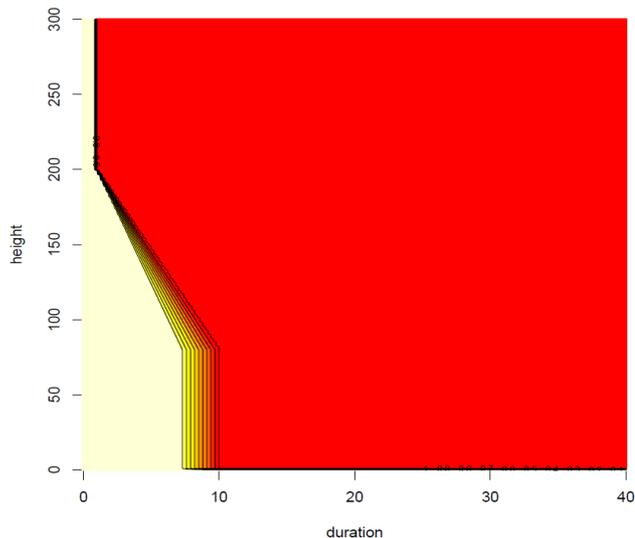


Figure 42 : Baisse de rendement - pêcher ou abricotier - stades floraison ou croissance

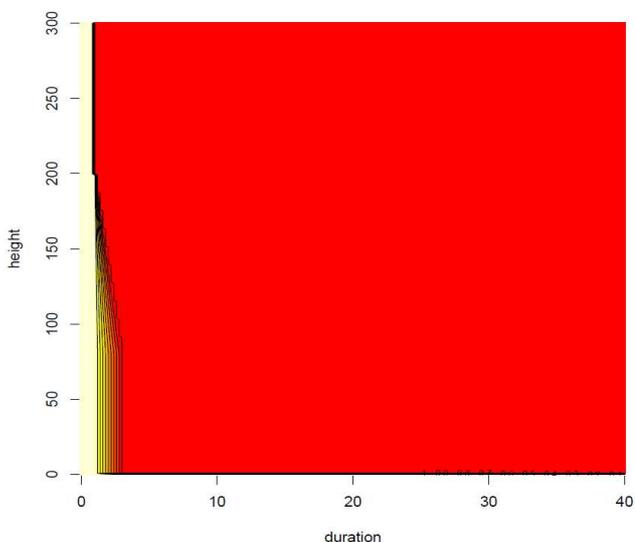


Figure 43 : Baisse de rendement - cerisier - stades floraison ou croissance

4.3.1.3. Maturité

Au stade maturité, la sensibilité des fruits ne change pas. Les effets de l'enneigement de la abse des arbres (moins de 80 cm) sont plus importants :

- Pommiers, pertes entre 7 et 10 jours ;
- Poiriers, pertes entre 5 et 7 jours ;
- Cerisiers, pertes totales dès 1 jour ;
- Pêchers et Abricotiers, pertes entre 3 et 5 jours.

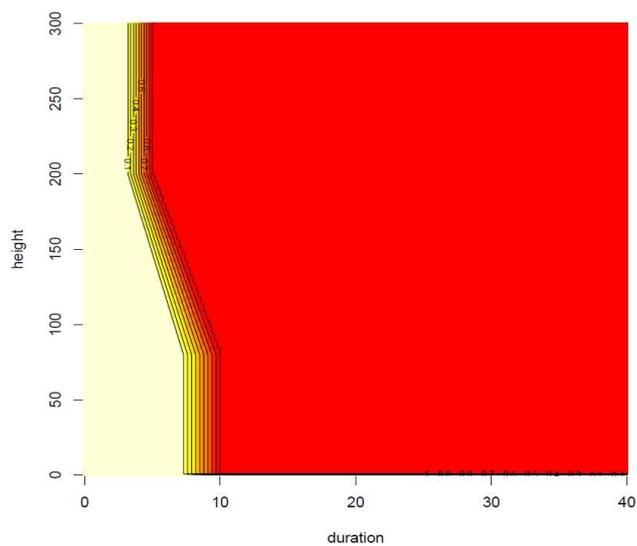


Figure 44 : Baisse de rendement - pommier - stade maturité

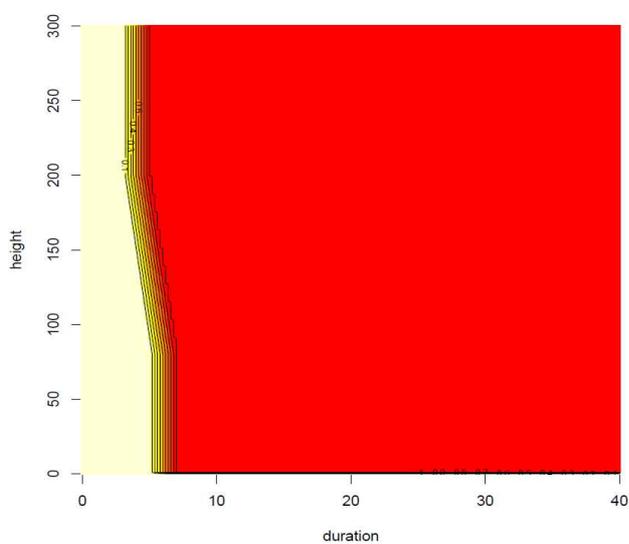


Figure 45 : Baisse de rendement - poirier - stade maturité

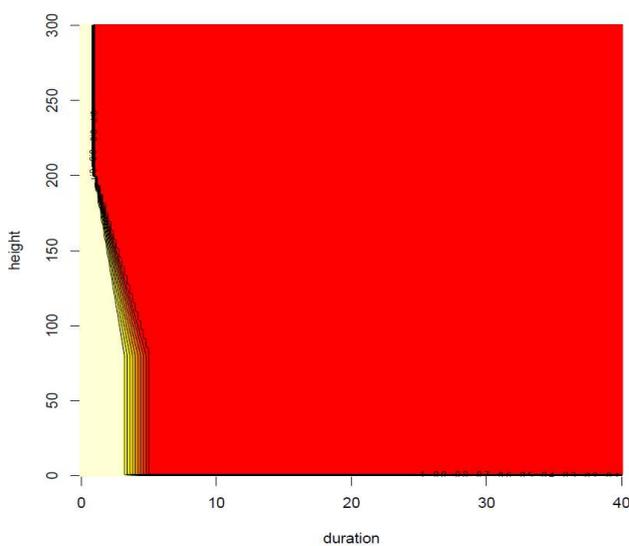


Figure 46 : Baisse de rendement - pêcher ou abricotier - stade maturité

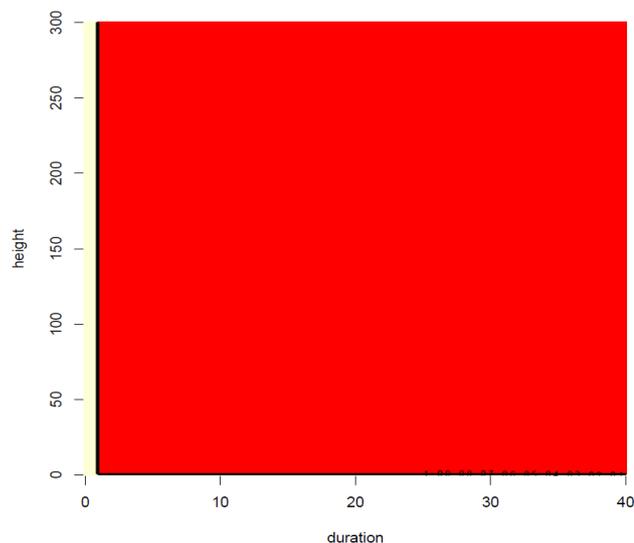


Figure 47 : Baisse de rendement - cerisier - stade maturité

4.3.2. Autres effets

4.3.2.1. Effets en n+1

En l'absence d'éléments précis pour les déterminer dans les dires d'experts, on ne prévoit pas d'effets sur le rendement l'année suivante après l'inondation.

4.3.2.2. Effets sur la qualité du produit

Si des limons se déposent sur les fruits, ils pourront être lavés, sans causer de baisse de la qualité du produit.

4.4. Variations de consommations intermédiaires

Toutes les charges liées aux opérations avec passage d'une machine dans les parcelles ne changent pas même en cas de perte de matériel végétal.

4.4.1. Taille

Les opérations de taille se font manuellement et varient donc proportionnellement aux pertes de matériel végétal. Les arbres non morts dont le rendement a diminué et les nouveaux arbres replantés doivent être taillés de la même façon que les autres.

4.4.2. Récolte

Les variations de charges liées à la récolte l'année de l'inondation, dépendent du mode de récolte habituellement pratiqué sur l'exploitation (récolte mécanisée ou manuelle) et des pertes de rendement.

Dans tous les cas, la récolte n'est réalisée que si la baisse de rendement totale, combinant baisses de rendement liée à l'inondation et liée à la perte de matériel végétal, est inférieure à 90 %. Sinon, la récolte ne sera pas réalisée du tout et les charges de récolte seront entièrement économisées.

Lorsque les pertes de matériel végétal sont importantes (> 30 %), la replantation de la parcelle sera réalisée pendant le repos végétatif. Avant arrachage et replantation, la dernière récolte sera tout de même réalisée.

Récolte habituelle manuelle

Lorsque la récolte est habituellement réalisée manuellement, elle sera réalisée manuellement dans toutes les circonstances, sauf si la baisse de rendement totale est supérieure à 90 %. Les charges liées à une récolte manuelle sont proportionnelles au rendement récolté. S'il y a des baisses de rendement (liées à l'inondation et/ou liées à la perte de matériel végétal), des économies seront donc réalisées sur ces charges, égales aux frais totaux de récolte manuelle multipliés par la perte de rendement totale.

Récolte habituelle mécanisée

Les frais de récolte mécanique sont relativement proportionnels à la proportion d'arbres vivants. En effet, lorsque de nombreux arbres sont manquants sur une parcelle, le temps consacré à la récolte diminue. S'il y a des pertes de matériel végétal, des économies seront donc réalisées sur les charges de récolte, égales aux frais totaux de récolte mécanique multipliés par la perte de matériel végétal, sauf si la baisse de rendement totale est supérieure à 90 %. Sinon, s'il n'y a pas de perte de matériel végétal et tant que le rendement est supérieur à 90 % du rendement habituel, aucune économie ne sera réalisée.

4.4.3. Traitements

On n'effectuera pas de traitement supplémentaire même en prévention car il faudrait attendre le ressuyage des parcelles et le traitement arriverait donc trop longtemps après l'inondation.

4.5. Travaux de remise en état

3 types de travaux de remise en état peuvent être nécessaires : le nettoyage des vergers, la réparation du palissage, l'apport ou l'enlèvement de terre.

4.5.1. Nettoyage et réparation du palissage

Il est difficile de déterminer les conditions d'inondation entraînant un dépôt de déchets dans une parcelle, ainsi que les quantités éventuellement déposées. En effet, ceci est lié aux éléments que l'inondation a pu charrier en amont, à la vitesse du courant permettant ou non le dépôt de déchets, etc. On prendra donc en compte ici uniquement le nettoyage lié aux petits déchets végétaux coincés dans le palissage ou aux petits déchets déposés au sol (sacs plastiques, etc.). Le dépôt de gros objets n'est pas prévu.

De plus avec un courant moyen, les piquets du palissage et les filets anti-grêle pourront être endommagés.

Le nettoyage des petits débris et les petites réparations de matériel pourront être effectués au moment de la taille ou juste après l'inondation. La durée de nettoyage moyenne est de 60 h/ha. Soit un coût moyen de 720 €/ha pour le nettoyage (12€/h pour la main-d'œuvre).

Si le courant est fort, les arbres seront arrachés et le palissage et les filets anti-grêle également. Les frais de nettoyage et d'installation de nouveaux équipements sont alors compris dans les frais de replantation.

4.5.2. Érosion et apport de terre

En cas de courant extrêmement fort ou de parcelle dans le lit de la rivière, la parcelle pourra devenir inutilisable. En effet, soit l'érosion causera la mise à nue de la roche mère ou l'arrachage complet de la terre, soit le dépôt de terre sera tel que la parcelle ne pourra pas être remise en état. Ce niveau de dégât n'est pas considéré ici dans un premier temps.

En cas de courant fort, il faudra rapporter de la terre ou en enlever pour pouvoir continuer l'exploitation de la parcelle. Les coûts sont alors d'environ 550 €/ha, pour en moyenne 1 jour de travail par hectare.

Avec un courant faible ou moyen, il n'y aura pas d'opération spécifique à réaliser. Les travaux du sol habituels permettront de combler ou de niveler les dégâts éventuels.

5. Prairies et fourrages

5.1. Calendriers culturels

Un calendrier moyen pour les prairies et les luzernières, qui rappelle les principaux stades au cours de l'année est proposé ici.

	Janv.	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.
Prairie de graminées et naturelle	Repos			Pousse						Repos		
Prairie de graminée - Année de semis	Repos		Semis et post-semis			Pousse				Semis et post-semis		
Luzernière	Repos		Pousse							Repos		
Luzernière - Année de semis	Repos		Semis et post-semis			Pousse			Semis et post-semis		Repos	

5.2. Variations du produit

5.2.1. Variations de rendement

Le courant n'aggrave les dommages que sur des prairies nouvellement semées, sinon il n'y a pas d'arrachage.

Les pertes de production sur une prairie peuvent être observées sur une ou plusieurs coupes. Ici, on résonne sur la production annuelle totale.

Lorsque la perte de production est totale, cela signifie que la prairie ou la luzernière est perdue et il faudra donc la ressemer et attendre une année avant que la prairie soit productive.

5.2.1.1. Prairies de graminées et naturelle

Les dires d'experts et les courbes de la littérature divergent sur les seuils de durées entraînant des pertes de rendement sur les prairies naturelles. Cela peut être dû au fait qu'il s'agit tantôt de prairies temporaires, tantôt de prairies permanentes, mieux implantées et plus résistantes. Ici, les courbes proposées correspondent à un cas intermédiaire qui pourra être employé dans les 2 cas.

Période de repos : d'octobre à mars

Pour la période hivernale, on fait le choix de considérer les chiffres de l'étude Symadrem qui sont du même ordre de grandeur que ceux de l'étude de Saône-et-Loire.

Ainsi, on considère des pertes qui débutent au bout de 8 jours et qui sont totales au bout de 28 jours.

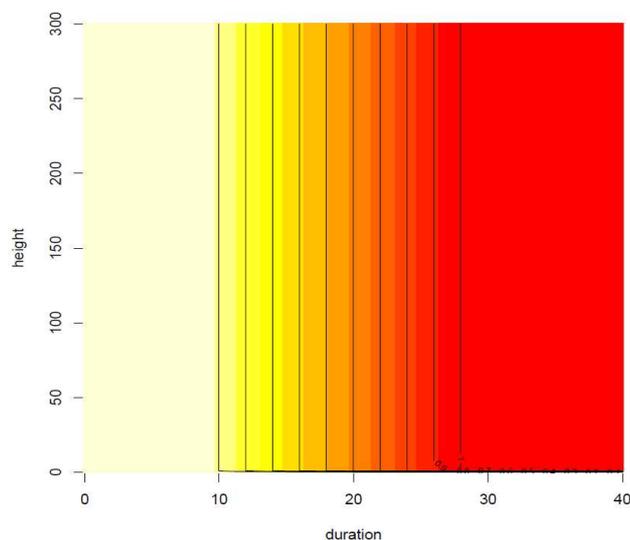


Figure 48 : Baisse de rendement d'une prairie - stade repos

Période de récolte (fauche et/ou pâturage) : d'avril à septembre

Pendant la période de production, la flore des prairies est plus sensible aux inondations. On fait l'hypothèse de pertes qui débutent également à 8 jours mais qui sont totales au bout de 15 jours. Ceci correspond globalement aux seuils proposés pour les céréales d'hiver au stade montaison.

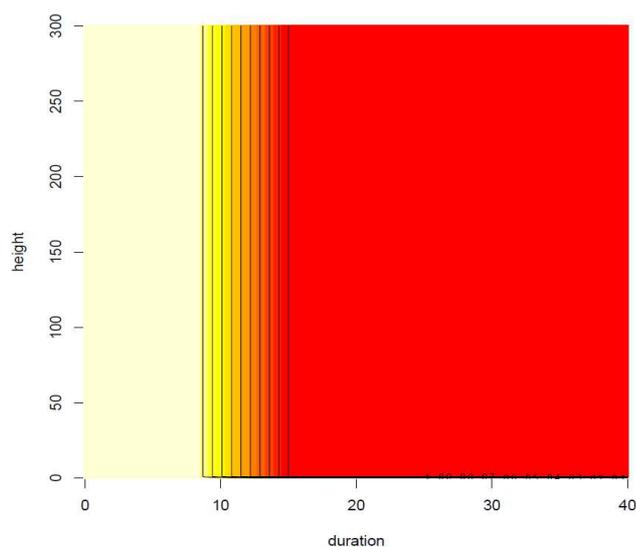


Figure 49 : Baisse de rendement d'une prairie - stade récolte

Période post-semis : d'octobre à décembre ou de mars à mai

Les prairies peuvent être semées soit au printemps (mars à mai), soit à la fin de l'été (octobre à décembre).

Si l'inondation survient dans les 3 premiers mois (stade 3 feuilles), la sensibilité de la flore est élevée, soit 2 fois supérieure à celle pendant la période de production. Les pertes apparaissent à partir de 4 jours et sont totales au bout de 7 jours. Ces seuils sont similaires à ceux d'une céréale d'automne au même stade, ce qui semble cohérent.

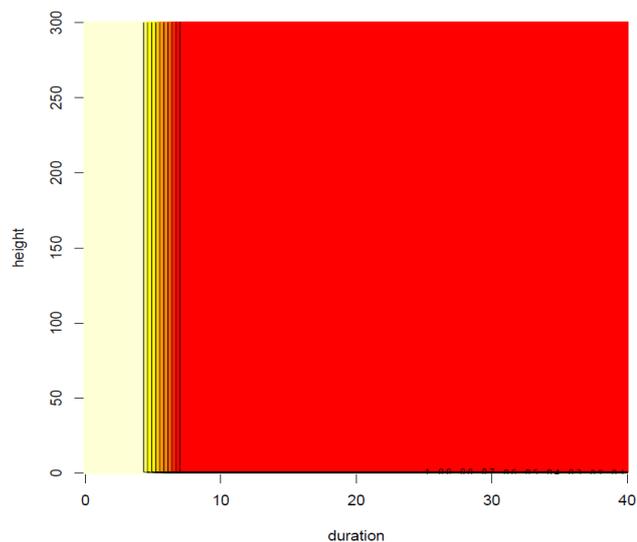


Figure 50 : Baisse de rendement d'une prairie - stade post-semis

Pour une inondation avec un courant fort, les pertes seront totales du fait de l'arrachage des jeunes plantes.

5.2.1.2. Luzernière

Période de récolte (fauche et/ou pâturage) : de mars à octobre

Les pertes débutent à 3 jours de submersion et sont totales au delà de 10 jours.

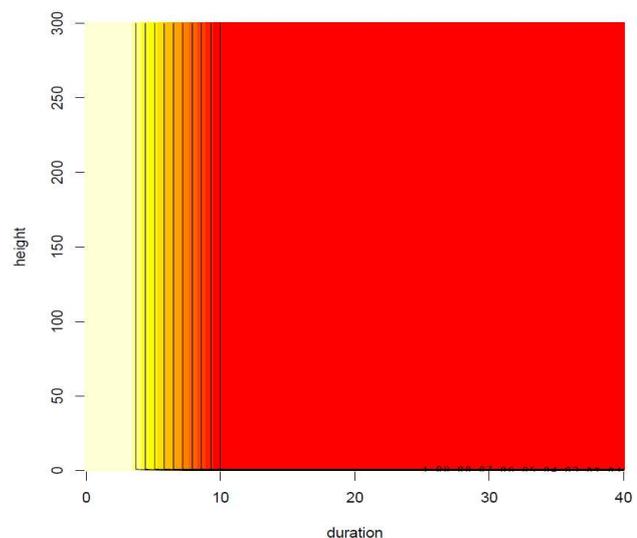


Figure 51 : Baisse de rendement d'une luzernière - stade Récolte

Période de repos : de novembre à février

La luzerne est plus résistante aux inondations pendant son repos. On fait l'hypothèse d'une sensibilité 2 fois moindre que pendant sa période de production, ce qui est en cohérence avec les seuils proposés par l'étude du Symadrem. Ainsi, les pertes débutent à 6 jours d'inondation et sont totales au bout de 20 jours.

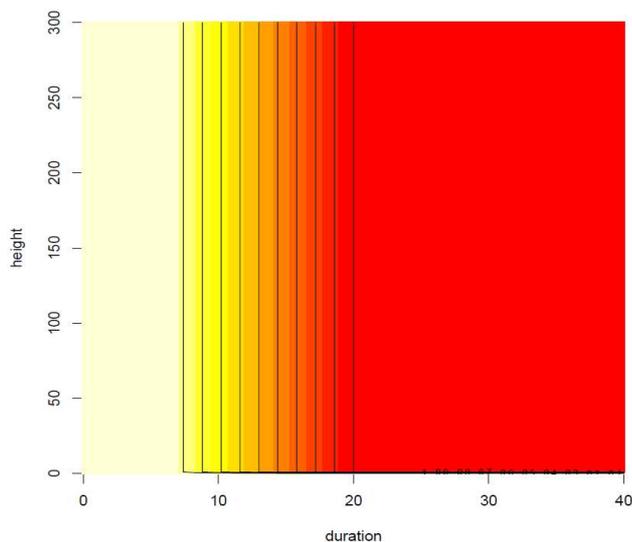


Figure 52 : Baisse de rendement d'une luzernière - stade repos

Période post-semis : de septembre à novembre ou de mars à mai

La luzerne peut être semée soit au printemps (février, mars, avril selon les zones géographiques) soit à la fin de l'été (septembre).

Dans les 3 premiers mois suivant son semis (stade 3 feuilles), la sensibilité de la luzerne est plus élevée que pendant la période de récolte. On fait l'hypothèse d'une sensibilité 2 fois plus importante : les pertes apparaîtront au bout de 1 journée de submersion et seront totales à 5 jours. Pour une inondation avec un courant fort, les pertes seront totales du fait de l'arrachage des jeunes plantes.

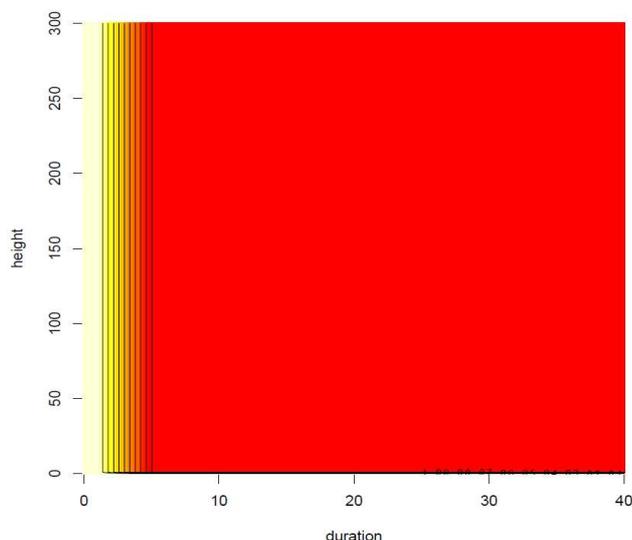


Figure 53 : Baisse de rendement d'une luzernière - stade post-semis

5.2.1.3. Domages liés aux variations de rendement

Dans le cas d'une baisse de rendement inférieure à 25 % et d'animaux à viande, il n'est pas nécessaire de considérer un dommage associé à cette baisse de rendement. Dans le cas d'un élevage laitier, un dommage correspondant à l'achat de fourrage supplémentaire en quantité égale aux pertes doit être considéré.

5.2.2. Variations de la qualité du foin/fourrage

Dans le cas d'élevages laitiers, pour une inondation de 8 jours ou plus, une perte de 20 €/t de MS sera appliquée au rendement récolté ou pâturé (après calcul de la baisse de rendement) du fait de la dégradation de la qualité du foin nécessitant la complémentation de l'alimentation. Pour les animaux à viande, plus rustiques, la complémentation n'est pas nécessaire.

Le dommage économique est évalué par l'achat de compléments pour compenser la perte de valeur énergétique du fourrage inondé. On considère une valeur énergétique moyenne de 0,8 UFL/kg de MS pour les prairies (moyenne ensilage et foin). Une inondation de plus de 8 jours pendant la période de production entraîne une dégradation de la valeur énergétique du fourrage de 0,1 UFL/kg de MS. On prend en référence la valeur énergétique de l'orge (potentiellement utilisé pour la complémentation des animaux) et sa valeur de marché : 1,09 UFL/kg de MS et 225 €/t, soit 0,20 €/UFL d'orge.

Avec l'exemple d'un rendement moyen de 45 qx/ha, la perte économique liée à la dégradation de la qualité de la prairie sera de 90 €/ha.

5.3. Poursuite de l'itinéraire technique/ressems

Lorsque la baisse de rendement est de 100 %, cela signifie une perte totale de la prairie. Cela peut correspondre à une destruction de la prairie ou à un changement de flore qui n'est alors plus intéressante pour les animaux. Un ressems est alors nécessaire. À titre indicatif, les frais de semis en prairie de Crau s'élèvent à 500 €/ha (semences et matériel). Si les pertes sont inférieures, la prairie redeviendra productive avec un niveau normal l'année suivante.

Lorsqu'il ne s'agit pas d'une prairie annuelle, et que la prairie doit être ressemée, il faudra une année avant d'atteindre à nouveau le niveau de rendement initial. Les dommages comprendront donc la perte de produit l'année de l'inondation plus la perte de produit l'année suivante.

5.4. Variations de consommations intermédiaires

Après une inondation, si la prairie n'est pas détruite, il n'y aura pas de variation de consommations intermédiaires.

Cas d'une eau chargée en limons

Si l'eau dépose des quantités de limons importantes, l'herbe superficielle doit être broyée. L'herbe repoussera ensuite normalement.

5.5. Travaux de remise en état

5.5.1. Érosion

Sur une prairie déjà implantée, une inondation même avec du courant ne causera pas d'érosion.

5.5.2. Dépôt de débris

Si la quantité de débris déposée est importante et qu'il s'agit de débris gênants (cailloux, déchets encombrants, etc.), cela peut empêcher la fauche mécanique de la prairie. Il faut alors ressemer la prairie entièrement. Les quantités de débris charriées par une inondation sont difficiles à prévoir, on ne considérera donc pas de dommage associé à ce type de dégât.

5.5.3. Dégâts aux clôtures

Les clôtures sont facilement endommagées lors d'une inondation (fils cassés, débris amoncelés dedans, etc.). On évalue le temps de nettoyage à 1 jour de travail supplémentaire par hectare par rapport au travail de vérification qui est fait en début de saison habituellement, soit 8 heures pour 1 ha. Le dommage associé au nettoyage et la réparation des clôtures sont donc de 88 €/ha hors coût de matériel. Ce coût est indicatif

car la longueur de clôture à inspecter dépend fortement de l'organisation des parcelles et est difficilement rapportable à l'hectare.

5.5.4. Dégâts aux abreuvoirs

Les abreuvoirs peuvent être pollués par l'eau d'inondation, il faut alors changer l'eau. Cela est difficilement prévisible et n'est donc pas pris en compte dans les courbes proposées.

6. Bâtiments agricoles

6.1. Sources de données pour la localisation des bâtiments agricoles

Pour évaluer les dommages d'une inondation sur les bâtiments agricoles, il est nécessaire *a minima* de connaître le nombre de bâtiments exposés à l'aléa. Une exploitation agricole peut posséder plusieurs bâtiments, distincts du siège d'exploitation, et pas forcément situés au même endroit. Pour réaliser une étude sur un territoire donné, il semble donc nécessaire de disposer des informations permettant de localiser géographiquement les bâtiments agricoles, et fournissant un certain nombre de descriptifs de ces bâtiments.

Idéalement, en plus de la localisation de chaque bâtiment d'exploitation, il pourrait être intéressant de disposer de :

- La surface du bâtiment.
- La configuration du bâtiment (bâtiment fermé, hangar ouvert avec 2 murs, bâtiment avec 1 étage, etc.).
- L'activité de l'exploitation à laquelle appartient le bâtiment (pas nécessairement pour l'évaluation des dommages au bâtiment lui-même mais pour les dommages aux stocks et au matériel, cf. fiches correspondantes).
- Les matériaux de construction constituant le bâtiment (tôle, bois, parpaings).
- L'éventuelle surélévation du bâtiment.

Les éléments qui doivent être nécessairement connus dépendent toutefois du niveau de détail demandé par les fonctions de dommages proposées. A contrario, les fonctions de dommages proposées tiendront compte des informations facilement accessibles ou non.

Lors de la recherche de bases de données existantes sur les bâtiments agricoles, plusieurs sources possibles ont été passées en revue :

BD Topo : il existe une classe bâti industriel qui comprend les bâtiments agricoles. Toutefois, seuls les bâtiments correspondant à des exploitations industrielles sont distingués (bâtiments très grands). À titre d'exemple, dans le département de l'Hérault, seuls 5 bâtiments agricoles sont localisés en tant que tels.

Base des Installations Classées : les bâtiments agricoles considérés comme installations classées et soumis à autorisation sont recensés dans une base disponible en ligne. Toutefois, dans le secteur d'activité agricole, les bâtiments soumis à autorisation sont ceux dépassant des seuils de nombre d'animaux ou de quantité de grains ou engrais très élevés. Il y a donc finalement très peu de bâtiments concernés (à titre d'exemple, 1 seul bâtiment classé dans le département de l'Hérault). Cette base reste toutefois intéressante à mobiliser parce qu'elle pointe des installations dont l'inondation impliquerait des conséquences potentiellement importantes.

- Liste des bénéficiaires d'aides PAC : la liste des bénéficiaires des aides de la Politique agricole commune est publiée. Toutefois, cette liste exclut les personnes physiques, c'est-à-dire les exploitants agricoles à titre individuel. Seules les structures type GAEC ou EARL sont concernées. Cette liste n'est donc pas suffisamment complète pour l'utilisation voulue.
- Recensement agricole : le nombre d'exploitations agricoles par type et par commune est fourni dans le recensement agricole. En l'absence de localisation plus précise, cette base de donnée est insuffisante pour l'utilisation souhaitée.
- Registre parcellaire graphique : les sièges et bâtiments d'exploitation ne figurent pas dans le RPG.
- BD Sirene : les entreprises inscrites au répertoire Sirene incluent les exploitations agricoles caractérisée par leur activité principale. L'adresse du siège d'exploitation est également renseignée.

Après une géolocalisation des sièges, cette base pourrait donc être utilisée pour l'identification des sièges d'exploitation exposés à une inondation. Toutefois, il existe plusieurs freins à l'utilisation de ce répertoire pour l'utilisation souhaitée :

- Généralement toutes les adresses ne peuvent pas être localisées à l'adresse exacte (milieu de la voie ou centre de la commune si adresse non localisée).
- Le siège d'exploitation ne comprend pas tous les bâtiments et il se peut qu'il corresponde seulement à l'habitation de l'exploitant distincte des bâtiments agricoles.
- Le répertoire Sirene ne comprend aucun élément descriptif des bâtiments.
- Les données de la BD Sirene sont payantes.

À défaut d'autre source de données exploitable, la BD Sirene peut être utilisée à condition de faire l'hypothèse forte que les bâtiments sont regroupés autour du siège d'exploitation. Il faut alors également disposer d'une typologie moyenne de parcs de bâtiments associés aux types d'exploitation (par exemple, 1 hangar de stockage et 1 bâtiment fermé à minima pour une exploitation en grandes cultures). Les caractéristiques moyennes des bâtiments peuvent ensuite être définies grâce à une étude de terrain ou des dires d'experts.

- Données locales des Chambres d'Agriculture : dans certains départements, il arrive que les chambres d'agriculture aient leur propre base de données comprenant des informations sur les bâtiments agricoles. Les données contenues dans ces bases sont variables d'un département à l'autre. Il peut donc être intéressant de s'informer de l'éventuelle existence d'une telle base lors de la réalisation d'une étude.
- Photo-interprétation : en l'absence de base de données exploitable pour la localisation des bâtiments agricoles, le repérage des bâtiments agricoles par photo-interprétation peut être une solution. Cette méthode peut être envisagée sur des territoires relativement petits. Elle permet alors de connaître la surface des bâtiments et éventuellement quelques caractéristiques descriptives. Toutefois, sur des territoires de taille moyenne ou importante, cette méthode pourra s'avérer coûteuse en temps.
- Étude de terrain : une étude de terrain reste la méthode la plus fiable pour la localisation des bâtiments d'exploitation sur un territoire. Pour plus d'efficacité, elle peut par exemple être envisagée après localisation des bâtiments par photo-interprétation pour relever les caractéristiques des bâtiments (matériaux, surélévation, configuration). Toutefois, la réalisation d'une étude de terrain sur un grand territoire peut s'avérer coûteuse en temps et en moyens.
- Dires d'experts locaux : la consultation d'experts agricoles locaux (conseillers des chambres d'agriculture par exemple) peut permettre de compléter d'autres méthodes proposées ci-dessus. Par exemple, les caractéristiques moyennes des bâtiments (matériaux, surélévation, configuration, regroupement) peuvent être discutées avec des experts sur la base d'une localisation réalisée en amont grâce à de la photo-interprétation ou à la BD Sirene.

Dans l'état actuel de nos recherches, il ne semble pas exister de base d'informations universelle et facilement accessible contenant les données souhaitées. En dehors des territoires où des bases de données locales peuvent exister, deux solutions permettant d'obtenir un niveau de précision très différent se dégagent tout de même :

- La photo-interprétation du territoire pour localiser les bâtiments et déterminer leur surface, complétée par une étude de terrain pour relever leurs caractéristiques.
- La localisation des sièges d'exploitation sur la base du répertoire Sirene (à condition qu'il n'y ait pas trop d'erreur de géolocalisation), complétée par des entretiens auprès d'experts agricoles locaux pour déterminer les caractéristiques moyennes des bâtiments sur le territoire. Cette méthode peut être mise en œuvre si les parcs moyens de bâtiments d'exploitation sont connus (voir paragraphe suivant).

6.2. Proposition de méthodologie pour l'évaluation des dommages des inondations aux bâtiments agricoles

Au vu des éléments collectés dans la bibliographie et auprès des experts, une première trame de méthodologie d'évaluation des dommages causés par les inondations sur les bâtiments agricoles est proposée. Des recherches complémentaires devront être réalisées dans les prochains mois pour chiffrer les coûts de travaux envisagés et construire une typologie de bâtiments et de parcs de bâtiments relativement universelle pour la France. Selon les informations trouvées, la méthode pourra également évoluer.

La contrainte majeure qui se pose est la suivante. Il est nécessaire de proposer une méthode d'évaluation flexible qui puisse être utilisée si toutes les caractéristiques des bâtiments sont connues, mais qui puisse également être simplifiée si l'utilisateur ne dispose que du type de bâtiment (hangar fermé, ouvert, etc.) et de l'activité correspondante.

Si l'on part de données incomplètes, il faut dans un premier temps poser les hypothèses permettant de disposer du nombre de bâtiments exposés et de leurs caractéristiques architecturales (surface, configuration, matériaux, activité). Dans l'hypothèse du minimum de données disponibles, voilà les étapes à suivre pour disposer de ces éléments :

- la localisation à l'adresse, des sièges d'exploitation décrits par leur activité (BD Sirene) ;
- l'application d'une typologie fournissant le parc de bâtiments associés à un siège d'exploitation selon son activité agricole et sa taille. La taille moyenne des exploitations sur le territoire devra être recherchée lors de l'étude (experts locaux ou Recensement Agricole par exemple) ;
- l'attribution des configurations les plus courantes et matériaux les plus utilisés pour chaque type de bâtiment. Ces éléments devront si possible être précisés localement auprès d'experts.

La typologie de parcs de bâtiments et les configurations moyennes de bâtiments seront fournies dans une prochaine version du rapport.

Une fois cette première étape réalisée si nécessaire, le calcul des dommages sur la base des trois grands types de dommages identifiés peut alors être réalisé. Dans le cas de données disponibles précises, on pourra directement réaliser le calcul des dommages. Pour cela, les éléments suivants seront fournis :

- un coût moyen par m² pour le nettoyage selon la configuration du bâtiment et selon les caractéristiques de l'aléa (hauteur d'eau et charge en limons ou sel). Pour les bâtiments d'élevage ce coût inclura les coûts de remise en état spécifiques à l'activité (changement de la litière, temps dévolu à la gestion des animaux pendant la remise en état, cf. fiche élevage) ;
- un coût moyen de remise en état d'un local type bureau selon les caractéristiques de l'aléa (hauteur d'eau et durée de submersion) ;
- un coût moyen par m² de bâtiment de réfection du réseau électrique selon le type de bâtiment et les caractéristiques de l'aléa (hauteur d'eau).

Par croisement de ces dommages unitaires avec les caractéristiques des bâtiments et de l'aléa d'inondation, puis addition des trois types de dommages, le coût de dommages par bâtiment est obtenu.

7. Matériel agricole

7.1. Sources de données pour la construction de parcs matériels moyens

Pour évaluer les dommages d'une inondation sur le matériel agricole, il est nécessaire *a minima* de connaître les équipements exposés à l'aléa.

Pour la construction de parcs matériels complets, il faudrait idéalement connaître :

- la liste et le nombre des équipements moyens associés à une exploitation selon ses caractéristiques (activité et taille) et selon son profil (fonctionnement en CUMA, matériel en propre, sous-équipée, sur-équipée, etc.) ;
- l'âge moyen de ces équipements ;

- la valeur de chaque type d'équipement.

Les sources d'informations pour ces éléments envisagées pour l'instant sont passées en revue après, elles sont décrites selon les avantages et inconvénients qu'elles offrent.

La question de la localisation des bâtiments auxquels sont rattachés les parcs matériels est également importante. Des éléments pour y répondre sont contenus dans la fiche « Bâtiments ».

Lors de la recherche de sources d'informations qui pourraient être utilisées pour construire des parcs de matériels moyens, plusieurs possibilités ont été passées en revue :

- recensement Agricole : le nombre moyen de tracteurs selon leur puissance par exploitation et par type d'activité est fourni dans le recensement agricole. Cette information peut être utile mais elle n'est pas suffisante pour la construction de parcs complets ;
- données comptables : les bilans comptables des exploitations agricoles mentionnent la valeur des immobilisations matérielles. Cette information renseigne donc sur la valeur globale du parc matériel des exploitations selon leur type. Seules, ces données ne permettront pas de construire des parcs matériels. Toutefois, si nous réussissons à trouver une source collectant les bilans comptables ou ayant déjà fait des calculs dessus, cela pourra donner une indication pour comparer avec les valeurs trouvées une fois les parcs construits ;
- base de données Dia'Terre : l'Ademe coordonne actuellement un projet de diagnostics environnementaux des exploitations agricoles, réalisés dans toute la France par les chambres d'agriculture. Ces diagnostics ont pour but de faire le bilan carbone des exploitations en fonction de leurs pratiques. Les données collectées sont renseignées dans une base de données qui pourraient ainsi contenir des éléments sur les parcs matériels des exploitations selon leurs caractéristiques. Toutefois, l'Ademe n'a pas débuté l'exploitation de cette base de données. Afin d'éventuellement utiliser les informations extraites de la base si elles sont intéressantes, il faudra donc attendre qu'elles soient disponibles ;
- données locales des Chambres d'Agriculture : dans certains départements, il arrive que les chambres d'agriculture aient leur propre base de données comprenant des informations sur les exploitations agricoles. Les données contenues dans ces bases sont variables d'un département à l'autre et peuvent concerner le matériel. Il peut donc être intéressant de s'informer de l'éventuelle existence d'une telle base lors de la réalisation d'une étude ;
- Étude des enjeux agricoles réalisée par la Chambre d'Agriculture du Gard pour le Symadrem : les parcs matériels par type d'exploitation (activité et taille) ont été construits pour la zone d'étude. Toutefois, ils peuvent constituer une base de travail intéressante et relativement complète (grandes cultures, viticulture, arboriculture, maraîchage) qui pourra être recoupée avec d'autres sources.
- dires d'experts agricoles : en l'absence de source de données complète, nous envisageons de construire des parcs matériels moyens avec l'aide d'experts agricoles. Pour chaque type d'activité agricole et selon la superficie exploitée, une liste d'équipements indispensables pourra être construite. Ces listes pourront ensuite être détaillées selon plusieurs profils d'exploitations (fonctionnement en CUMA, matériel en propre, exploitation sur-équipée, etc.). Les matériels les plus répandus pourraient également être déterminés pour chaque type d'exploitation.

Les équipements proposés dans nos parcs matériels seront une moyenne de ce qui peut exister à l'échelle nationale. Lors de la réalisation d'une étude locale, il peut être utile de valider les données utilisées auprès d'experts agricoles locaux afin de tenir compte d'éventuelles spécificités.

Dans l'état actuel de nos recherches, il ne semble pas exister de base d'informations universelle et facilement accessible contenant les données souhaitées. En dehors des territoires où des bases de données locales peuvent exister, la solution envisageable pour l'instant serait de repartir de parcs déjà existants (ceux de l'étude Symadrem par exemple) pour les compléter et valider avec l'aide d'experts agricoles de plusieurs régions françaises et des autres sources de données listées. Le but est ainsi de construire des parcs matériels moyens minimums et maximums par type d'exploitation. Lors d'une étude, ces parcs devront être rediscutés avec des experts locaux afin de les adapter aux spécificités locales selon les profils d'exploitations les plus répandus. A priori, il sera difficile d'intégrer l'âge du matériel dans les parcs qui seront construits.

La répartition des différents équipements des parcs entre les bâtiments localisés sur la zone d'étude devra également être faite localement. Ce travail représentera une charge plus ou moins lourde selon si l'on

connaît les bâtiments rattachés à une même exploitation ou non. Pour aider, les experts peuvent fournir des informations sur le territoire et/ou des enquêtes de terrain peuvent être réalisées.

7.2. Proposition de méthodologie pour l'évaluation des dommages des inondations au matériel agricole

Au vu des éléments collectés dans la littérature et auprès des experts, une première trame de méthodologie d'évaluation des dommages causés par les inondations sur les stocks agricoles est proposée. Des recherches complémentaires et un travail en collaboration avec les experts devront être réalisées dans les prochains mois pour estimer les dommages potentiellement causés aux différents équipements et construire des parcs matériels relativement universels pour la France. Selon les informations trouvées, la méthode et son niveau de précision pourront évoluer.

Une fois que les parcs matériels moyens sont connus, qu'ils ont été adaptés au territoire de l'étude et que les équipements ont été rattachés aux bâtiments géolocalisés, le nombre et le type d'équipements exposés à une inondation pourront être estimés.

Pour le calcul des dommages, des courbes d'endommagement seront proposées. Pour le moment, nous envisageons de les construire de la façon suivante. Premièrement, des catégories de matériel seront construites en prenant en compte :

- leur utilisation (tracteurs, outil de travail du sol, outil de semis, etc.) ;
- les principaux éléments sensibles les composants (mécano-soudés, vérins, pignonnerie, électronique) ;
- la hauteur à laquelle ils sont situés (hauteur approximative : proche du sol, à une hauteur intermédiaire, en hauteur par exemple).

Pour cela, la liste de matériel proposée par le barème du BCMA considérant une vingtaine de types de matériels, pourra servir de base, complétée par de la documentation technique sur les matériels agricoles. Pour construire ces catégories, on considérera les éléments les plus sensibles les plus bas. Par exemple si un équipement possède des vérins proches du sol et des éléments mécano-soudés à une hauteur intermédiaire, on ne retiendra que la présence des vérins. Ainsi tous les outils comportant à la fois des éléments mécano-soudés dans leur partie basse, un vérin à une hauteur intermédiaire et un boîtier électronique en hauteur seront classés dans la même catégorie.

Deuxièmement, pour chaque catégorie de matériel, les dégâts potentiels causés par une inondation seront décrits. Les dégâts potentiels seront estimés en fonction des éléments sensibles touchés par l'eau et donc en fonction de la hauteur d'eau. A priori, pour des hauteurs d'eau importantes, plusieurs éléments sensibles seront touchés et donc les dégâts seront plus importants. Selon le temps consacré à ce travail et selon la disponibilité des experts consultés, la durée de submersion pourra également être prise en compte pour chaque type d'éléments sensibles.

Ensuite, pour chaque type de dégât identifié, les opérations de remise en état nécessaires seront évaluées (nettoyage et dégraissage simple, réparations par l'agriculteur lui-même, réparations par un concessionnaire, remplacement de l'élément, remplacement du matériel entier).

Une estimation qualitative de la lourdeur des réparations à effectuer sera alors faite par les experts pour faire correspondre à chaque niveau d'aléa un niveau d'endommagement (nettoyage et regraissage, réparations légères, réparations lourdes, remplacement par exemple). Ces niveaux d'endommagement tiendront compte à la fois de la complexité de chaque opération de remise en état nécessaire et du nombre d'opérations à réaliser. Ces niveaux d'endommagement pourront être soit des coûts forfaitaires, soit des coûts de réparations exprimées en pourcentage de la valeur du matériel, ou une combinaison des deux. Les niveaux d'endommagement qui seront considérés ne sont pas encore définis.

La valeur moyenne des équipements sera fournie. Le montant des dommages pour chaque matériel pourra alors être calculé en appliquant la courbe d'endommagement de la catégorie à laquelle appartient le matériel à la valeur de ce matériel.

Lorsqu'il est considéré que le matériel doit être remplacé, il semble difficile de tenir compte de son âge. Bien que cela ne soit pas parfaitement exact en termes d'analyse économique, on ne tiendra donc pas compte de l'amortissement du matériel et une valeur moyenne d'occasion pour ce matériel sera proposée.

À titre indicatif et sur la base des parcs matériels moyens, des courbes de dommages par parcs pourront être proposées en additionnant les dommages pour chaque matériel prévu dans le parc.

L'aide des experts sera sollicitée à chaque étape de la construction de ces courbes. La trame prévue pour l'instant n'a pas encore été discutée avec eux dans cette version, elle doit donc être validée et est susceptible de changer. De plus, selon la disponibilité des experts, le degré de précision des courbes pourra varier.

8. Stocks agricoles

8.1. Sources de données pour la construction de stocks moyens

Pour évaluer les dommages d'une inondation sur les stocks agricoles, il est nécessaire *a minima* de connaître les quantités exposées à l'aléa.

Pour cela, il serait idéalement intéressant de disposer de :

- la quantité de chaque type de stock associée à un bâtiment selon ses caractéristiques (activité et taille de l'exploitation, type de bâtiment) et au cours de l'année ;
- le mode de stockage le plus répandu pour chaque type de stock (en armoire étanche, sur palettes, etc.) ;
- la valeur de chaque type de stock.

Les sources d'informations pour ces éléments envisagées pour l'instant sont passées en revue après, elles sont décrites selon les avantages et inconvénients qu'elles offrent.

La question de la localisation des bâtiments auxquels sont rattachés les stocks est également importante. Des éléments pour y répondre sont contenus dans la fiche « Bâtiments ».

Les différents types de stocks susceptibles d'être présents sur une exploitation agricole sont les suivants :

- produits phytosanitaires ;
- engrais ;
- huile ;
- fuel ;
- paille ;
- fourrage ;
- autres aliments pour animaux ;
- production commercialisable stockée (vin, fruits et légumes de conservation, céréales, etc.).

Cette liste pourra être complétée si des types de stocks ont été oubliés.

Lors de la recherche de sources d'informations qui pourraient être utilisées pour construire des stocks agricoles moyens, plusieurs possibilités ont été passées en revue :

- étude des enjeux agricoles réalisée par la Chambre d'Agriculture du Gard pour le Symadrem : les quantités de stocks par hectare et par type d'activité agricole ont été estimées pour la réalisation de l'étude. Les valeurs des stocks sont également fournies. Toutefois, les données proposées ont été construites pour être adaptées au territoire de l'étude. Les chiffres proposés constituent tout de même une base de travail intéressante qui pourra être recoupée avec d'autres sources ;
- bibliographie : pour certains types de stocks, la littérature pourra certainement fournir des éléments sur les quantités moyennes de stocks par exploitation. Par exemple, la quantité de paille ou de fourrage peut être rapportée aux besoins d'un animal, les quantités de production commercialisable stockées correspondent au rendement mais dépendent du type d'exploitation (transformation sur place ou non, stockage des légumes sur place ou livraison à une coopérative, etc.). Il semble plus difficile de trouver des valeurs moyennes dans la littérature pour les autres types de stocks car ils dépendent grandement des pratiques culturelles des exploitations ;

- base de données DiaTerre : l'Ademe coordonne actuellement un projet de diagnostics environnementaux des exploitations agricoles, réalisés dans toute la France par les chambres d'agriculture. Ces diagnostics ont pour but de faire le bilan carbone des exploitations en fonction de leurs pratiques. Les données collectées sont renseignées dans une base de données qui pourraient ainsi contenir des éléments sur les stocks moyens des exploitations selon leurs caractéristiques. Toutefois, l'Ademe n'a pas débuté l'exploitation de cette base de données. Afin d'éventuellement utiliser les informations extraites de la base si elles sont intéressantes, il faudra donc attendre qu'elles soient disponibles ;
- données comptables : les bilans comptables des exploitations agricoles mentionnent la valeur des stocks à la date du bilan. Bien que cette information distingue uniquement les stocks commercialisables des autres, elle peut être intéressante si les stocks sont tous endommagés de la même manière et qu'il est alors possible de calculer le dommage subi directement à partir de leur valeur globale ;
- dires d'experts agricoles : en l'absence de source de données complète, nous envisageons de construire des stocks moyens avec l'aide d'experts agricoles. Pour chaque type d'activité agricole, une quantité moyenne de stock par hectare ou par animal, pourrait être estimée. Les modes de stockage courants pourraient également être déterminés. Ainsi, l'exposition des stocks serait connue pour chaque type d'exploitation.

Les quantités de stocks proposées dans notre méthodologie seront des moyennes à l'échelle nationale. Lors de la réalisation d'une étude locale, il peut être utile de valider les données utilisées auprès d'experts agricoles locaux afin de tenir compte d'éventuelles spécificités locales.

Lorsque les sources proposées ne permettent pas de connaître l'évolution des stocks au cours de l'année, des hypothèses simplificatrices pourront être faites, par exemple :

- une date unique de rentrée des stocks ou pour chaque type de stock peut être considérée, avec une hypothèse de consommation linéaire sur l'année et donc des stocks qui diminuent progressivement ;
- de la même manière que dans l'étude Symadrem, 2 saisons peuvent être considérées avec des quantités de stocks différentes pour chacune (une saison de culture avec des stocks importants et une saison creuse avec des stocks moindres) ;
- des hypothèses différentes peuvent être faites selon les types de stocks : les stocks de foin et de produits commercialisables ont une seule date de rentrée (correspondant à la date de récolte) avec une diminution linéaire sur le reste de l'année, et les autres stocks sont considérés constants sur l'année (approvisionnement continu).

Ces hypothèses doivent encore être réfléchies. Elles devront être discutées avec des experts pour choisir celle qui semble la plus cohérente.

Dans l'état actuel de nos recherches, il ne semble pas exister de base d'informations universelle et facilement accessible contenant les données souhaitées. La meilleure solution, semble donc pour l'instant être un mélange de celles proposées, dans le but de construire des stocks moyens par type d'exploitation, caractérisés par leur quantité ou leur valeur supposée présente dans l'exploitation tout au long de l'année.

8.2. Proposition de méthodologie pour l'évaluation des dommages des inondations aux stocks agricoles

Au vu des éléments collectés dans la bibliographie et auprès de l'expert, une première trame de méthodologie d'évaluation des dommages causés par les inondations sur les stocks agricoles est proposée. Des recherches complémentaires devront être réalisées dans les prochains mois pour construire les stocks moyens et leur répartition annuelle pour la France. Selon les informations trouvées, la méthode pourra également évoluer.

Le calcul des dommages d'une inondation sur les stocks agricoles suivra les étapes suivantes :

- selon le type de bâtiment (activité et type de bâtiment), les types de stocks présents et leur quantité sur une année par unité de surface exploitée ou par animal seront fournis (la valeur globale correspondant à un ou plusieurs types de stocks pourra être fournie à défaut des quantités) ;
- les stocks rattachés à chaque bâtiment sur une année pourront ainsi être évalués par croisement des quantités unitaires avec la taille des exploitations associées aux bâtiments ;

- la quantité de stocks présents tout au long de l'année, pour chaque type de stock, pourra être estimée par application à la quantité annuelle de stock d'un coefficient défini, exprimant le pourcentage de stock présent selon la date (ou par période) ;
- à partir des endommagements unitaires associés à chaque type de stock et de la valeur moyenne des stocks, les dommages correspondants pourront être calculés. Ils correspondent a priori à une perte de 100 % ;
- l'addition entre eux de ces dommages fournira les dommages totaux aux stocks par exploitation (ou bâtiment).

9. Dommages aux animaux

9.1. Éléments pour le recensement des animaux exposés à une inondation

Pour évaluer les dommages d'une inondation sur les animaux d'élevage, il est nécessaire *a minima* de connaître le nombre d'animaux exposés à l'aléa. Cela dépend de deux facteurs principaux :

- la localisation des animaux : selon les animaux, le type d'élevage (intensif ou extensif), la catégorie d'animaux et la période de l'année, les animaux peuvent être dans un bâtiment ou dans les prairies ;
- la possibilité d'évacuer les animaux vers un terrain ou un bâtiment hors zone inondable : selon les animaux, leur localisation et la rapidité de l'inondation, l'évacuation des animaux peut être possible totalement ou partiellement, ou impossible.

Les critères influençant la localisation et la possibilité d'évacuation listés ici sont les principaux. D'autres critères difficilement prévisibles existent également (disponibilité d'un camion pour le transport des animaux, topographie à proximité de l'exploitation, etc.).

9.1.1. Localisation des animaux

Des données chiffrées à l'échelle départementale sur les effectifs d'animaux d'élevage et le nombre d'exploitations par type sont disponibles sur le site internet DISAR de données en ligne du ministère de l'agriculture.

9.1.1.1. Élevages avicoles et porcins

Certains animaux peuvent être rattachés à un bâtiment d'élevage de manière quasi certaine, les volailles et les porcs notamment. Pour ces élevages, plusieurs étapes sont alors nécessaires au recensement des animaux exposés à une inondation :

- la localisation des bâtiments d'élevage : plusieurs sources de données sont envisageables pour cette étape (voir fiche Bâtiments). La source d'informations la plus accessible est le répertoire Sirene qui fournit l'adresse des sièges d'exploitations, caractérisés par leur activité principale (élevage avicole et élevage porcin font partie de la nomenclature). On fait alors l'hypothèse que les bâtiments d'élevage sont situés au siège de l'exploitation ;
- l'estimation du nombre d'animaux par bâtiment. Pour cela la méthode la plus fiable serait la réalisation d'enquêtes auprès des éleveurs. Toutefois cela n'est possible que sur des zones d'études relativement petites. Si la surface des bâtiments est connue, il est possible d'estimer le nombre d'animaux sur la base de valeur moyenne qui seront fournis ou de dires d'experts locaux. En l'absence d'informations de terrain, le nombre d'animaux par bâtiment pourra être estimé par la moyenne départementale disponible dans diverses bases de données (Agreste, ou Institut de l'élevage par exemple).

9.1.1.2. Élevage bovins, ovins et caprins

Pour les bovins, les ovins et les caprins, la localisation des animaux en bâtiment ou en prairies, dépend principalement du type d'élevage (intensif, extensif, très extensif) et de la période de l'année.

Afin de connaître les pratiques les plus courantes ou les spécificités dans la zone d'étude, il sera nécessaire de se renseigner auprès des experts agricoles locaux. Le but est d'identifier les périodes pendant lesquelles les animaux sont dans les bâtiments, et celles pendant lesquelles ils sont dans les prairies.

Troupeaux en bâtiments

Lorsqu'ils sont en bâtiments, le nombre d'animaux rattachés à chaque bâtiment d'élevage sera estimé de la même façon que pour les volailles ou les porcs (voir ci-dessus).

Troupeaux en prairies

Lorsque les animaux, ou une partie des animaux, sont dans les prairies, l'estimation du nombre de bêtes exposées à une inondation se révèle difficile. En effet, les exploitations d'élevage possèdent généralement plusieurs prairies, qui ne sont pas forcément regroupées autour du bâtiment d'élevage. L'estimation du nombre d'animaux présents dans les parcelles pâturées selon la date pourra être faite grâce à l'aide d'experts locaux si la taille de la zone d'étude n'est pas trop grande. En effet, les différents pâturages sont généralement utilisés à différents moments de la saison selon leur richesse et leur exposition au risque d'inondation, et leur occupation peut donc être prévue. Sinon, plusieurs hypothèses sont envisageables :

- considérer une répartition homogène des animaux sur toutes les prairies pâturées : la densité d'animaux sera donc moindre que dans la réalité et le nombre d'animaux exposés pourra être sur évalué comme sous évalué ;
- ne pas considérer de répartition des animaux lorsqu'ils sont dans les prairies ce qui revient implicitement à considérer une évacuation totale des troupeaux (voir ci-dessous) ou que les animaux se déplacent eux-mêmes pour l'éloigner des zones inondées.

Les experts ne se sont pas prononcés sur ces hypothèses lors des entretiens, il est donc nécessaire de les discuter avec eux pour les valider.

9.1.2. Possibilités d'évacuation des animaux

9.1.2.1. Élevages avicoles et porcins

Pour les élevages avicoles et porcins, il semble difficile de procéder à une évacuation des animaux du fait des difficultés pour les manipuler rapidement. Pour chaque bâtiment d'élevage avicole ou porcin, tous les animaux rattachés seront donc considérés touchés par l'inondation.

9.1.2.2. Élevages bovins, ovins et caprins

Troupeaux en bâtiments

Lorsque les animaux sont dans des bâtiments, une évacuation est possible si l'agriculteur dispose des véhicules nécessaires et de suffisamment de temps pour procéder au chargement du troupeau. Une autre hypothèse envisageable mentionnée par un des experts est qu'à l'annonce d'une inondation, si l'éleveur n'a pas le temps d'évacuer son troupeau, il ouvre le bâtiment pour laisser les animaux se réfugier d'eux-mêmes ou pour les guider vers des parcelles hors d'eau.

Les informations dont il faudrait disposer pour estimer réellement la possibilité d'évacuer un troupeau sont nombreuses et difficilement accessibles (inondabilité des chemins d'accès au bâtiment, disponibilité de véhicules adaptés, maniabilité des animaux, etc.), il faudrait analyser pour chaque exploitation les conditions dans lesquelles une évacuation peut être réalisée et en combien de temps. En l'absence de ces informations, trois scénarii d'évacuation sont proposés selon la rapidité de l'inondation :

- dans le cas d'une inondation dont l'arrivée est lente, l'hypothèse est faite que tous les animaux pourront être évacués ;
- dans le cas d'une inondation dont l'arrivée est très rapide, l'hypothèse est faite qu'aucun animal n'a le temps d'être évacué ;
- dans le cas des inondations intermédiaires, l'hypothèse d'une évacuation partielle des animaux est faite (50 % des effectifs).

En combinant ces scénarii au nombre d'animaux estimés par bâtiment, le nombre d'animaux exposés à une inondation peut être estimé.

Troupeaux en prairies

Lorsque les animaux sont dans les prairies, l'estimation du nombre de bêtes exposées est difficile (voir ci-dessus). Les hypothèses simplificatrices suivantes sont proposées pour l'instant :

- il est considéré que les animaux à l'extérieur peuvent échapper à l'inondation en s'éloignant d'eux-mêmes des zones inondées ;
- sauf dans le cas d'une inondation rapide sur les zones proches des cours d'eau, il est alors considéré que les animaux n'ont pas le temps de fuir et qu'ils sont touchés par l'inondation. Le nombre d'animaux rattachés à ces prairies proches des cours d'eau et les périodes auxquelles elles sont utilisées sont à définir avec l'aide des experts agricoles locaux (voir ci-dessus).

9.2. Proposition de méthodologie pour l'évaluation des dommages des inondations aux animaux

Une fois le nombre d'animaux exposés à une inondation évalué (voir partie précédente), les impacts potentiels doivent être estimés, puis les dommages associés calculés. Sur la base des dires d'experts résumés plus haut et en l'état des réflexions à la mi-avril 2012, une première trame de méthodologie d'évaluation des dommages causés par les inondations sur les animaux d'élevage est proposée. Des recherches complémentaires devront être réalisées dans les prochains mois pour approfondir ou compléter cette méthode. Selon les informations trouvées, la méthode pourra également évoluer.

Le tableau suivant rappelle les règles de calcul pour recenser le nombre d'animaux exposés et présente les conditions de courant et de hauteur d'eau pouvant générer des pertes d'animaux.

Animaux	Localisation des animaux	Délai d'alerte	Animaux exposés	Courant	Hauteur d'eau	Animaux morts	Domage
Porcs	Bâtiment		100 %	+/- ou +		100 %	
				-	< 20 cm	0 %	
					> 20 cm	100 %	
Volailles	Bâtiment		100 %			100 %	
Ovins et Caprins	Bâtiment	long	0 %			0 %	
		moyen	50 %			100 %	
		court	100 %			100 %	
	Prairie	long ou moyen	0 %			0 %	
		court	100 %	+/- ou +		100 %	
				-	< 20 cm	0 %	
> 20 cm	100 %						
Bovins domestiques	Bâtiment	long	0 %				
		moyen	50 %	+/- ou +		100 %	
				-	< 90 cm	0 %	
		> 90 cm	100 %				
		court	100 %	+/- ou +		100 %	
				-	< 90 cm	0 %	
	> 90 cm	100 %					
	Prairie	long ou moyen	0 %			0 %	
		court	100 %	+		100 %	
- ou +/-				< 90 cm	0 %		
	> 90 cm	100 %					
Taureaux	Prairie	long ou moyen	0 %			0 %	
		court	100 %	+		100 %	
				- ou +/-	< 90 cm	0 %	
					> 90 cm	100 %	

Tableau 17: Règle de calcul pour le recensement du nombre d'animaux exposés et conditions générant les pertes d'animaux

Seules les conséquences en termes de pertes d'animaux sont considérées car les autres types de conséquences sont difficiles à prévoir et à quantifier (stress, baisse de production chez les animaux vivants, avortements, etc.).

Les bovins peuvent nager. Dans le cas d'un courant faible et d'une hauteur d'eau supérieure à leur ventre, certains peuvent donc s'en sortir. Toutefois, cette part est difficile à prévoir. L'hypothèse haute d'une perte de tous les animaux dès que ces conditions sont réalisées est donc considérée.

Lorsque des animaux sont perdus, les dommages associés sont :

- la perte de leur valeur en viande ou de leur production pendant 1 année (lait ou œufs) ou des revenus qu'ils auraient rapportés (taureaux) ;
- l'économie des frais liés à leur élevage (aliment, vétérinaire, autres) ;
- le coût de rachat du même nombre d'animaux.

Il existe des pertes liées au redémarrage d'un nouveau troupeau du fait de la perte du capital génétique sélectionné auparavant (production ou fertilité moindre). Toutefois, ces pertes sont difficilement chiffrables, elles ne sont donc pas prises en compte.

Les dommages totaux seront donc obtenus par multiplication des dommages mentionnés ci-dessus par le nombre d'animaux perdus puis addition entre eux.

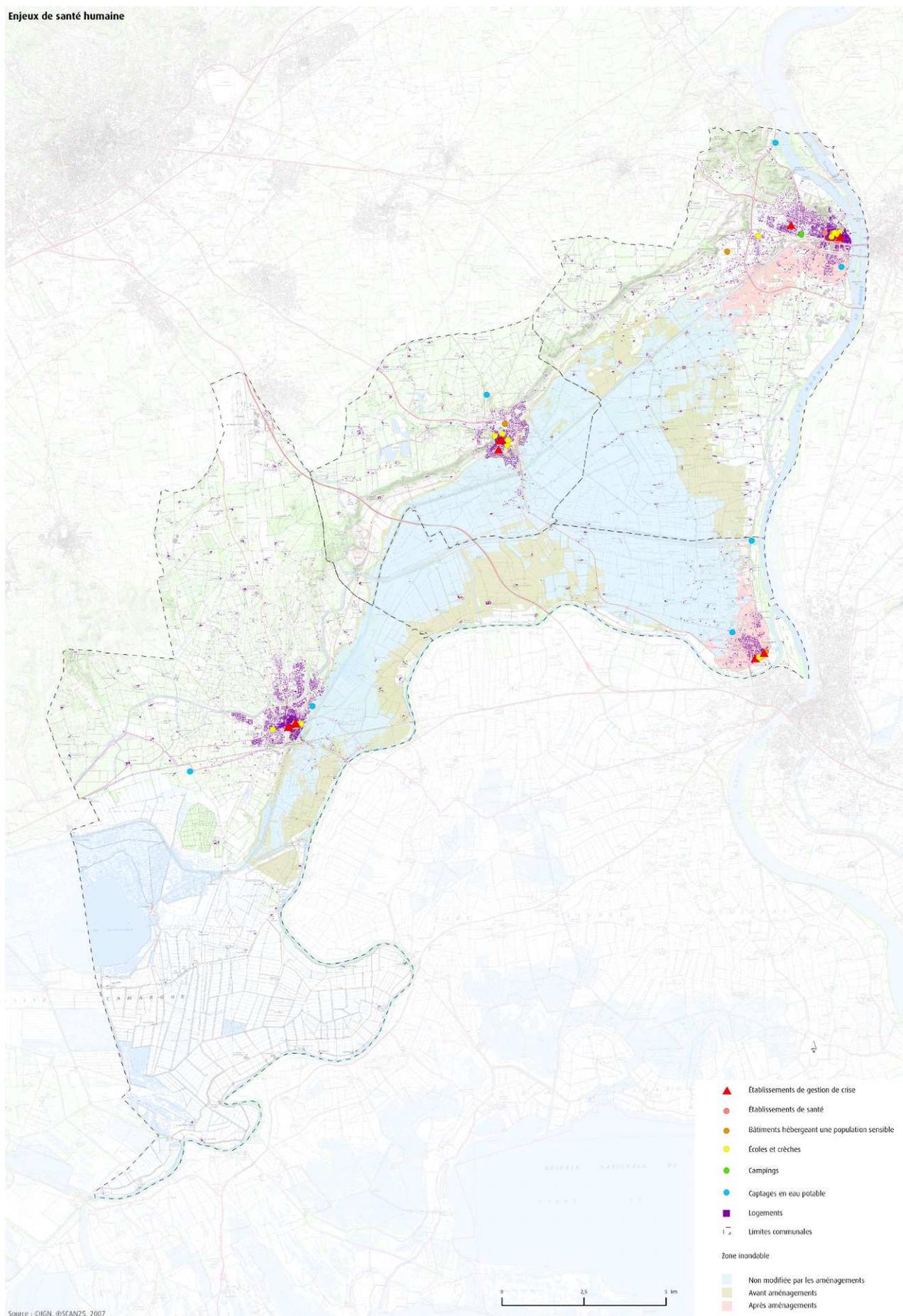
Les règles de calcul proposées ci-dessus sont basées pour le moment sur des hypothèses. Ces éléments devront être discutés avec les experts et éventuellement modifiées avant validation.

Les valeurs entrant dans le calcul des dommages peuvent beaucoup varier d'une région à l'autre (production laitière par an, valorisation de la viande, etc.). Il faudra donc se renseigner auprès des experts agricoles locaux pour considérer des valeurs adaptées au territoire d'étude. Toutefois, à titre indicatif, des valeurs moyennes pour la France seront fournies. Il s'agit de :

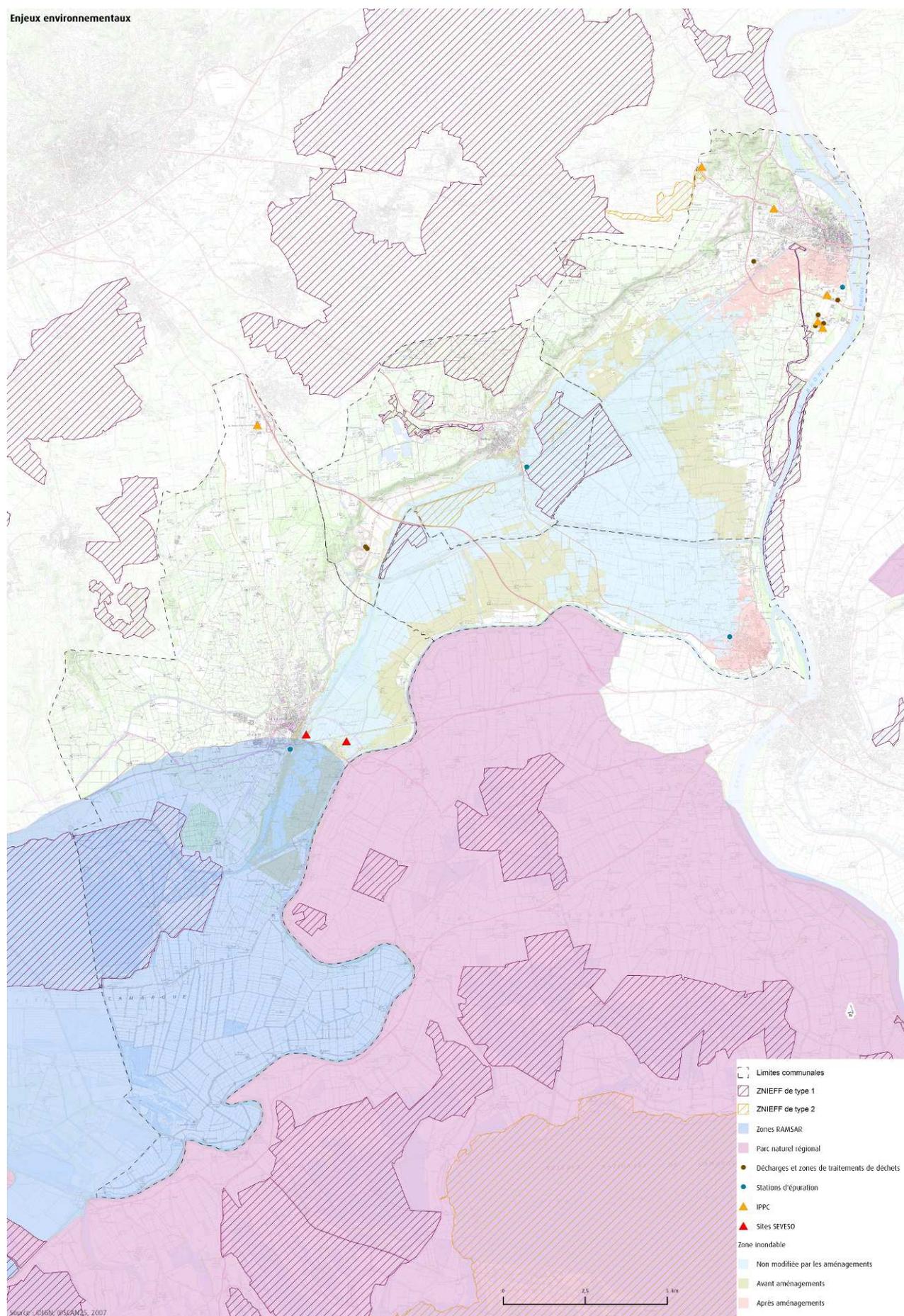
- la production par tête de bétail : valorisation des carcasses, production laitière par an, etc. ;
- le coût d'achat par tête ;
- les frais d'élevage par tête.

REPRÉSENTATIONS CARTOGRAPHIQUES DES ENJEUX DU TERRITOIRE

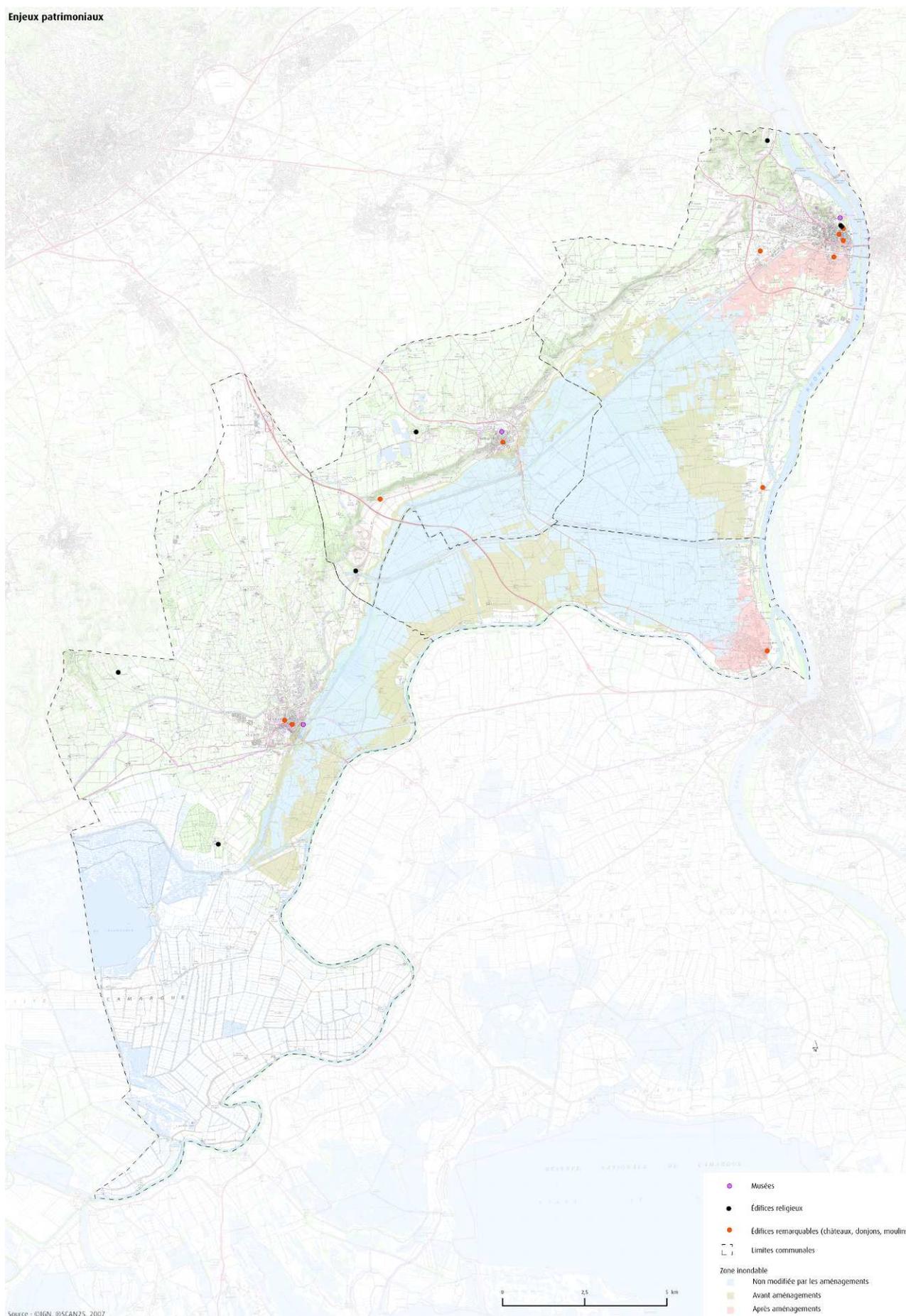
Carte des enjeux de santé humaine



Carte des enjeux environnementaux



Carte du patrimoine culturel



Carte des enjeux économiques

