



**HAL**  
open science

# Programme pluri-annuel pour la Modélisation des Dommages aux Logements. Rapport d'avancement 2021

Frédéric Grelot, Valériane Marry

## ► To cite this version:

Frédéric Grelot, Valériane Marry. Programme pluri-annuel pour la Modélisation des Dommages aux Logements. Rapport d'avancement 2021. INRAE UMR G-EAU. 2022. hal-04068804

**HAL Id: hal-04068804**

**<https://hal.inrae.fr/hal-04068804>**

Submitted on 14 Apr 2023

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

# PROGRAMME PLURI-ANNUEL POUR LA MODÉLISATION DES DOMMAGES AUX LOGEMENTS

Rapport d'avancement 2021

31 mars 2022

**Auteurs** : Frédéric Grelot, Valériane Marry

**Contributeurs** : —

Travaux développés dans le cadre du GT AMC — convention SNRH-INRAE n°2102897179

Travaux ayant bénéficié d'initiative de recherches soutenues par l'OSU OREME, ANR DEUFI, dans le cadre du système d'observation des impacts des inondations (so-ii)



# Table des matières

Table des figures	3
Liste des tableaux	4
1 Avant-propos	5
<b>Première partie Programme pluriannuel</b>	<b>6</b>
<b>2 Objectif &amp; contexte</b>	<b>7</b>
2.1 Objectif général	7
2.2 Fonction de dommage : définition	7
2.3 Fonctions de dommage : mise en œuvre pratique	8
2.3.1 Catégorisation des enjeux	8
2.3.2 Estimation des paramètres d'intensité de l'inondation	8
2.4 Fonctions de dommage : usage	9
2.4.1 Sens et limites des estimations	9
2.4.2 Utilisation dans le cadre des ACB	9
2.5 Fonctions de dommage CEPRI-2016	10
2.5.1 Méthodologie de construction des fonctions de dommage	10
2.5.2 Capitalisation des données	10
2.5.3 Aléas pris en compte	11
2.6 <b>floodam.building</b>	11
<b>3 Programme de développement</b>	<b>13</b>
3.1 Vision synoptique	13
3.2 Typologie des logements	13
3.2.1 Objectifs	13
3.2.2 Délivrables attendus	14
3.2.3 Timing de réalisation	14
3.2.4 Partenaires impliqués	14
3.3 Modélisation archétypes	14
3.3.1 Objectifs	14
3.3.2 Délivrables attendus	15
3.3.3 Timing de réalisation	15
3.3.4 Partenaires impliqués	15
3.4 Vulnérabilités élémentaires	15
3.4.1 Objectifs	15
3.4.2 Délivrables attendus	15
3.4.3 Timing de réalisation	15
3.4.4 Partenaires impliqués	16
3.5 Adaptations des bâtiments	16
3.5.1 Objectifs	16
3.5.2 Délivrables attendus	16
3.5.3 Timing de réalisation	16

3.5.4	Partenaires impliqués . . . . .	16
3.6	<b>floodam.building</b> . . . . .	16
3.6.1	Objectifs . . . . .	16
3.6.2	Délivrables attendus . . . . .	16
3.6.3	Timing de réalisation . . . . .	17
3.6.4	Partenaires impliqués . . . . .	17
3.7	Préconisation pour les fonctions de dommage . . . . .	17
3.7.1	Objectifs . . . . .	17
3.7.2	Délivrables attendus . . . . .	17
3.7.3	Timing de réalisation . . . . .	17
3.7.4	Partenaires impliqués . . . . .	17
<b>4</b>	<b>Sources de données possibles</b>	<b>18</b>
 <b>Deuxième partie Annexes</b>		<b>19</b>
<b>A</b>	<b>Compte-rendus</b>	<b>20</b>
A.1	2021-03-04 . . . . .	20
A.1.1	Tour de table . . . . .	20
A.1.2	Points abordés . . . . .	20
A.2	2021-03-22 . . . . .	21
A.2.1	Points clés présentation de Frédéric . . . . .	21
A.2.2	Points clés présentation de Paul . . . . .	22
A.2.3	Discussions . . . . .	23
<b>B</b>	<b>Traitements de classification des logements de la BD TOPO</b>	<b>24</b>
B.1	Gestion des bibliothèques . . . . .	24
B.2	Importation des données . . . . .	24
B.3	Classification des données . . . . .	25
B.3.1	Sélection des logements . . . . .	25
B.3.2	Ajout d'informations . . . . .	25
B.3.3	Classification . . . . .	25
B.3.4	Traitement sur BD TOPO . . . . .	27
B.4	Analyses . . . . .	28
B.4.1	Données BD TOPO . . . . .	28
B.4.2	Données INSEE . . . . .	28
B.4.3	Comparaison . . . . .	28
B.4.4	Classification . . . . .	29
B.5	Cas étranges . . . . .	30
<b>C</b>	<b>Données batiprix</b>	<b>31</b>
C.1	Points sur la méthodologie de calcul . . . . .	31
C.1.1	Comment sont calculés les prix de vente Batiprix? . . . . .	31
C.1.2	Comment sont calculés les prix des matériaux dans Batiprix? . . . . .	31
C.1.3	Comment sont définis les coefficients de frais généraux dans Batiprix? . . . . .	31
C.1.4	Quelle hypothèse de marge est prise en compte dans Batiprix? . . . . .	31
C.1.5	Quelles précautions dois-je prendre en compte pour les conditions d'interventions sur un chantier spécifique? . . . . .	32
C.1.6	Comment sont exprimés les temps moyen d'exécution de main d'œuvre? . . . . .	32
 <b>Bibliographie</b>		<b>33</b>

# Table des figures

# Liste des tableaux

# Chapitre 1

## Avant-propos

### **WARNING : VERSION TRÈS TRÈS PROVISoire**

Les travaux présentés dans ce rapport contribuent au groupe de travail pour l'amélioration des méthodes d'évaluation des politiques de gestion des inondations, désignés par le terme GT AMC. À ce titre, ils ont bénéficié du soutien du ministère en charge de l'environnement, notamment de la DGPR et du CGDD, via les conventions suivantes :

- conventions SNRH-INRAE (décisions attributives de subvention n°2102897179)
- convention CGDD-INRAE (convention de partenariat n°2201257967)

Les travaux ont également bénéficié des travaux engagés autour du système d'observation des impacts des inondations (so-ii), un observatoire des impacts des inondations autour de Montpellier. Cet apport a d'ailleurs été réciproque. Nous tenons à remercier l'OSU Oreme pour son soutien régulier au système d'observation so-ii.

Enfin, les travaux ont également bénéficié du projet DEUFI (Détails de l'impact des inondations urbaines), financé par l'Agence Nationale de la Recherche (ANR-18-CE01-0020). Cet apport a également été réciproque.

Première partie

Programme pluriannuel

# Chapitre 2

## Objectif & contexte

### 2.1 Objectif général

L'objectif de ce document est de présenter le programme pluri-annuel d'amélioration des fonctions de dommage aux logements dans le cadre du GT AMC.

Pour les différentes raisons présentées plus en détail dans la section 2.5, les fonctions de dommage actuellement préconisées [Rouchon et al., 2018a,b] dans le cadre des ACB nécessitent une amélioration significative :

- consolider la représentativité des logements modélisés
- permettre la prise en compte d'informations désormais disponibles dans les BD « nationales »
- permettre une mise à jour plus robuste à partir des données sources
- intégrer les objectifs d'évaluation des mesures de réduction de la vulnérabilité
- anticiper les préconisations d'adaptation du bâti futur en zone inondable

#### Remarque de Bénédicte

- Qu'est-ce que tu veux dire par “permettre une mise à jour plus robuste à partir des données sources” si c'est pas le point du dessus (= prendre en compte des données qui sont dispo aujdh mais ne l'étaient pas avant) = permettre dans le futur de prendre en compte des données qui vont être rendues disponibles d'ici là?}
- Quels objectifs pour les mesures de réduction de la vulnérabilité? tu veux dire que le GT veut pouvoir évaluer ces mesures? ou c'est un objectif de l'Etat?}
- Les mesures d'adaptation du bâti font partie des mesures de réduction de la vulnérabilité, non? tu veux dire par là qu'il s'agit d'évaluer les mesures existantes mais aussi celles qui vont se développer dans le futur?

### 2.2 Fonction de dommage : définition

Dans ce document, une fonction de dommage désigne un modèle simplifié de la vulnérabilité d'un enjeu aux inondations. Ce modèle vise à anticiper les dommages potentiels en cas de survenue d'une inondation. Le principe est, qu'à partir de l'estimation des paramètres d'intensité de l'inondation à proximité d'un enjeu, la fonction de dommage donne une estimation du dommage en termes monétaires subi par l'enjeu inondé.

Les fonctions de dommage peuvent être définies à **l'entité d'enjeu** : dans ce cas elles sont directement exprimées en euros.

Les fonctions de dommage peuvent également être définies de façon **surfaciques** : dans ce cas elles sont exprimées en €/m<sup>2</sup>, pour obtenir les dommages en € (à l'entité d'enjeu), il est nécessaire de multiplier cette valeur par une estimation de la surface « caractéristique » de l'enjeu. La définition à considérer de la surface dépend de la fonction de dommage (de sa construction) :

- par exemple pour les parcelles agricoles, la surface sera celle de la parcelle ;
- pour les enjeux bâtis, cette surface correspond à une estimation de la surface utile ou habitable du niveau principal.

## 2.3 Fonctions de dommage : mise en œuvre pratique

### 2.3.1 Catégorisation des enjeux

Les fonctions de dommage sont définies par catégories d'enjeux : logements, activités économiques, parcelle agricoles, établissement publics par exemple pour les préconisations minimales en France.

Au sein de ces catégories d'enjeux, des typologies plus fines sont définies pour mieux tenir compte de la vulnérabilité des enjeux. Par exemple pour les fonctions de dommage au logement il est demandé de distinguer les logements :

- correspondant à des maisons individuelles de plain-pied ;
- correspondant à des maisons individuelles avec étage ;
- correspondant donc à des appartements, présents dans les bâtiments collectifs.

Un élément supplémentaire peut être pris en compte : la présence ou non d'un sous-sol. Nous n'entrons pas dans ce détail pour le moment.

Avant d'utiliser une fonction de dommage pour un logement, il s'agit donc de classer ce logement dans l'une des trois catégories. Sur le principe, cette opération de classification ne va pas nécessairement de soi. Par exemple, pour une maison qui aurait été séparées en deux logements sans parties communes, vaut-il mieux utiliser la catégorie « appartement » ou une des catégories « maison » ? Elle est normalement expliquée de façon non univoque avec les notices d'utilisation des fonctions de dommage, pour s'assurer a minima une utilisation homogène et cohérente entre les différents utilisateurs des fonctions de dommage.

### 2.3.2 Estimation des paramètres d'intensité de l'inondation

Pour utiliser une fonction de dommage pour un enjeu donné, il s'agit également d'estimer les paramètres de l'inondation à « proximité » de cet enjeu.

Les paramètres à estimer dépendent de la fonction de dommage considérée (et donc de l'enjeu considéré). Concernant les logements, les fonctions de dommage actuellement préconisées (voir section 2.5), prennent comme paramètres d'entrée :

- la hauteur maximale de submersion au-delà du niveau de premier plancher habitable ;
- la durée maximale de submersion.

L'estimation de ces paramètres d'intensité pour un scénario donné d'inondation se fait en croisant deux bases de données géographiques :

- une « couche aléa » qui représente le champ des valeurs de l'inondation considérée dans la zone inondable ;
- une « couche enjeu » qui représente la localisation, l'étendue et le type des enjeux présents sur le territoire considéré.

L'affection des paramètres d'intensité de l'inondation correspond « techniquement » à un croisement entre ces deux couches, qui peut se faire selon différentes méthodes :

- Redécoupage de l'enjeu par classe d'intensité de l'inondation. Cette méthode est utilisée pour les enjeux de surface étendue comme les parcelles agricoles, qui suivent l'altitude du relief. Elle n'est normalement pas préconisée pour les enjeux bâtis.
- Valeur maximal des paramètres sur l'étendue de l'enjeu. Cette méthode peut être utilisée pour les enjeux bâtis (y compris les logements). Elle donnera l'estimation la plus pénalisante possible pour les dommages, avec la justification « physique », au moins pour la hauteur que c'est bien la hauteur maximale à proximité de l'enjeu qui devrait gouverner la façon que cet enjeu sera inondé. Cette justification reste à ce jour « théorique », elle n'est pas vérifiée en pratique.
- Valeur moyenne (en considérant ou non les valeurs nulles) sur l'étendue d'un enjeu. Cette méthode peut être utilisée pour les enjeux bâtis (y compris les logements). Cette méthode peut être vue comme une façon d'estimer une valeur intégrant une partie des incertitudes liées à l'estimation des paramètres des inondations. Comme pour la précédente méthode, cette justification reste largement « théorique ».

Il est important de noter qu'en pratique, pour les logements, la différence entre l'estimation par les valeurs moyennes ou les valeurs maximales ne donnent pas des différences très importantes dans la majeure partie des situations, car l'étendue des enjeux est suffisamment faibles pour que les valeurs des paramètres d'intensité diffèrent peu sur cette étendue.

Concernant la **hauteur maximale de submersion**, il est nécessaire de tenir compte de la hauteur du premier plancher relativement à l'altitude du sol naturel (données nécessitant des campagnes d'enquête pour compléter les bases de données usuellement utilisées). Sans cette information, il faut s'attendre à un biais de sur-estimation des dommages potentiels.

En toute rigueur, il faudrait estimer les paramètres d'intensité à l'intérieur des bâtiments :

- La hauteur d'eau intérieure peut être plus faible que la hauteur d'extérieur, notamment si les ouvertures « freinent » les écoulements.
- Au contraire, elle peut être supérieure, notamment si les ouvertures lâchent d'un coup.
- La durée de submersion peut également différer dans un sens comme dans un autre.

Cette différence entre aléa interne et aléa externe n'est pas réalisée de façon opérationnelle. Ce sont les paramètres extérieurs qui sont considérés en pratique.

## 2.4 Fonctions de dommage : usage

### 2.4.1 Sens et limites des estimations

L'application précédemment décrite permet d'estimer les dommages potentiels pour chaque logement repéré sur la « couche enjeu » d'origine. Cela étant, il est nécessaire de garder en tête que :

- les enjeux sont classés selon une typologie « grossière » ;
- les paramètres permettant de distinguer les logements entre eux sont peu nombreux (surface habitable au sol, hauteur de premier plan) ;
- il existe de multiples raisons pour lesquels deux logements « semblables » selon les précédents critères, placés dans les mêmes conditions d'inondation, ne génèrent pas les mêmes dommages, par exemple si :
  - les cloisons intérieures, les revêtements intérieurs, les mobiliers sont très différentes ;
  - la disposition interne du logement est très différente.
- à cela s'ajoute le fait que des paramètres d'inondation « semblables » peuvent mener à des conditions d'inondation interne fort différents, par exemple si :
  - les ouvertures extérieures ne sont pas disposées sur les mêmes façades ;
  - les ouvertures extérieures n'ont pas la même solidité intrinsèque.

Il est également important d'avoir en tête que pour les experts ayant été consulté pour la construction des fonctions de dommage, il peut y avoir une dimension stochastique à la génération des dommages. Par exemple, deux planchers identiques, revêtu du même type carrelage, placés dans les mêmes conditions d'inondations peuvent générer des dommages différents. La dimension stochastique proviendrait de la « façon », mais sans possibilité de la connaître a priori.

Pour toutes ces raisons, il n'est pas prévu que les estimations des dommages potentiels soient analysées à l'échelle d'un enjeu particulier. Au contraire, l'usage des fonctions de dommage supposent de faire des bilans sur des échantillons relativement importants d'enjeux (sans que cette importance ne soit quantifiée dans la méthode nationale).

### 2.4.2 Utilisation dans le cadre des ACB

L'utilisation des fonctions de dommage préconisées par le GT AMC s'utilisent dans le cadre des analyses coûts-bénéfices exigées pour les projets des axes 6 et 7 des PAPI soumis à labellisation.

Ces projets visent à contrôler l'étendue des inondations soit par la mise en place de protection dite rapprochée (grosso modo des digues, axe 7), soit par la mise en place de dispositifs de stockages des eaux en amont des zones à protéger (des retenues sèches par exemple, axe 6). Il est attendu que les effets de ces projets soient caractérisés par le biais de modèles hydrauliques qui permettent d'estimer pour plusieurs scénarios d'inondation les couches « aléas » sans les projets et les couches « aléas » avec les projets.

Ces effets « hydrauliques » sont ensuite transcrits en « effets » sur les dommages en estimant :

- les dommages pour chacun des scénarios d'inondation modélisés avec les fonctions de dommage
- les dommages évités en faisant la différence pour un même scénario d'inondation entre la situation avec projet et la situation sans projet

- un bilan global synthétique des dommages évités « moyennés » à l'année en tenant compte de la rareté de chaque scénario d'inondation.

Pour le moment, les projets concernant les autres axes des PAPI ne sont pas évalués selon un ACB.

## 2.5 Fonctions de dommage CEPRI-2016

Depuis 2013, des fonctions de dommage aux logements sont préconisées par le ministère en charge de l'environnement pour l'estimation des dommages aux logements dans le cadre des évaluations de type analyse coût-bénéfice nécessaires à la labellisation des PAPI (programme d'actions pour la prévention des inondations).

Ces fonctions de dommage ont été développées par le CEPRI [2014a], selon une méthodologie validée par les différents membres du GT AMC qui a été déclinée pour différents types d'enjeux (parcelles cultivées, activités économiques non agricoles notamment). Cette méthodologie consiste à :

- établir une typologie des logements, compatibles avec les bases de données géographiques disponibles au niveau national ;
- construire pour chaque type une fonction de dommage utilisables « clés en main » en s'appuyant sur l'expertise des professions intervenant dans le constat ou la réparation des désordres occasionnés par les inondations.

### 2.5.1 Méthodologie de construction des fonctions de dommage

Pour cette étape, en partant du constat que les experts mobilisables avaient une connaissance à l'échelle de « composantes élémentaires », le GT AMC a validé la méthodologie suivante :

- Construction à dire d'expert de modèles de vulnérabilité à l'échelle des composantes élémentaires
  - les composantes élémentaires sont les éléments constitutifs du bâtiment (murs, revêtements, huisseries, etc.) ou du mobilier (meubles, équipements, etc.)
  - la vulnérabilité dépend de la constitution de la composante (pare exemple distinction entre les murs en béton, en brique etc.) ;
  - elle tient compte d'un dommage physique (la composante est-elle détruite, partiellement endommagé, sale, non affectée) et des actions à mettre en œuvre pour la faire revenir à son état d'origine (remplacement, réparation, nettoyage etc.) ;
  - le dommage monétaire correspond au coût de l'action, éventuellement ajusté en fonction d'une notion de vétusté.
- Choix d'archétypes d'enjeu pour représenter les différents types d'enjeu :
  - par exemple choix d'une maison de plain-pied particulière pour représenter les maisons de plain-pied.
- Mise en modèle des archétypes :
  - il s'agit de représenter un archétype de telle façon que l'inventaire des composantes élémentaires puissent être réalisés, en tenant compte de leur disposition (hauteur notamment) ;
  - cet inventaire permet ensuite de construire la fonction de dommage à l'échelle de l'archétype à partir des modèles de vulnérabilité élémentaires.
- Post-traitement « statistiques » des fonctions de dommages :
  - il s'agit de passer des fonctions de dommage à l'échelle des archétypes aux fonctions de dommage par catégorie ;
  - pour les logements, ces traitements consistent à :
    - \* créer des fonctions de dommage surfaciques
    - \* moyenner ces fonctions de dommage pour les archétypes définis pour chaque catégorie.

### 2.5.2 Capitalisation des données

Cette méthodologie a été appliquée pour produire les fonctions de dommage aux logements. Elle a donné lieu à :

- une ébauche d'une bibliothèque de modèles de vulnérabilité des composantes élémentaires, qui a été ensuite renforcée lors des travaux sur les enjeux de type activités économiques non agricoles
- une typologie à 3 types pour les logements, avec la possibilité d'y associer ou non un sous-sol
  - maison individuelle de plain-pied (avec ou sans sous-sol)
  - maison individuelle à étage (avec ou sans sous-sol)
  - appartement dans un bâtiment collectif (avec ou sans-sol)

- pour chacun des types :
  - deux archétypes ont été construits.

Au niveau des données « capitalisées », le constat est le suivant :

- les modèles de vulnérabilité élémentaires historiques ont été capitalisés au niveau du GT AMC et sont dorénavant inclus dans leur version révisée dans l’outil informatique **floodam.building** @ref(sec :floodam.building.presentation)
- les modèles des archétypes n’ont été que très partiellement capitalisés :
  - le modèle **T1** a été capitalisé, il est intégré dans les maquettes disponibles dans **floodam.building**
  - les 5 autres modèles ne sont pas capitalisés, les plans d’origine n’ont jamais été retrouvés, seuls demeurent des feuilles de calculs intermédiaires rendant difficiles voire impossibles tout ajustement.

La fait de ne pas disposer des données d’origine pour 5 modèles est problématique à plusieurs titres :

- cela ne permet pas une validation croisée de l’approche d’origine avec **floodam.building** qui n’a donc été effectuée qu’avec le modèle **T1**
- cela ne permet pas de juger de la pertinence du choix des 5 archétypes d’origine pour les besoins de la modélisation
- cela ne permet pas d’adapter les travaux pour permettre une évaluation des mesures dites de réduction de la vulnérabilité.

### 2.5.3 Alés pris en compte

Les fonctions de dommage originelles ont été développées pour des inondations de type débordement ou ruissellement, dans des conditions n’impliquant pas des risques structurels aux bâtiments. Elles ont été adaptées de façon marginales au contexte salin (CEPRI [2014b]).

## 2.6 floodam.building

**floodam.buiding** (Grelot and Richert [2019]) est un outil informatique (librairie R) qui permet la construction des fonctions de dommage pour les enjeux de type bâti : - Il inclut un bibliothèque de vulnérabilité élémentaire des composantes élémentaires - Pour un enjeu bâtiment donné, il permet de construire une fonction de dommage à partir : - d’une représentation de sa géométrie (simplifiée) et de sa constitution (une sorte de plan simplifié) - d’une caractérisation de l’occupation du bâtiment (répartition des éléments mobiliers dans les différentes pièces) - Il peut donc être directement utilisé pour construire une fonction de dommage pour un archétype d’enjeu bâti. - Il permet également facilement de : - explorer de la variabilité des fonctions de dommage liées à la nature des composantes élémentaires (changement des matériaux de construction pour la même géométrie) - prendre en compte de certaines mesures de réduction de la vulnérabilité. - Il facilite le passage des fonctions de dommage à l’échelle des archétypes à celui par catégorie.

Le développement de **floodam.buiding** a initialement été initié en partant du constat que le CEPRI rencontrait des difficultés pour :

- étendre le nombre d’archétypes de logement considérés (phase d’inventaire des composantes élémentaires et de leur disposition réalisées à la main...)
- prendre en compte des fonctions de dommage élémentaires sans seuil (au départ, les fonctions de dommage élémentaires avaient des seuils très marqués qui se retrouvaient ensuite dans les fonctions de dommage à l’échelle des archétypes)
- analyser la variabilité des fonctions de dommage (non réalisé)
- prendre en compte les mesures de réduction de vulnérabilité sur chacun des archétypes (le CEPRI n’a fait ses analyses que sur un seul archétype...)

Cette raison initiale a été renforcée puis supplantée par la nécessité de développer les fonctions de dommages aux activités économiques non agricoles.

À l’heure actuelle, **floodam.building** a été utilisé pour :

- la définition des fonctions de dommage aux activités économiques non agricoles préconisées par le GT AMC [Rouchon et al., 2018b]

- la mise au point d'une méthode d'analyse des mesures de réduction de la vulnérabilité, non préconisée par le GT AMC[Richert et al., 2019]

# Chapitre 3

## Programme de développement

### 3.1 Vision synoptique

L'organisation générale de l'action peut être divisée selon les différentes actions « clés » suivantes :

- **typologie des logements** (section 3.2)
  - Cette action vise à construire la typologie qui sera retenue. Elle permet d'organiser également l'action concernant la modélisation des archétypes.
- **modélisation archétypes** (section 3.3)
  - Cette action vise à mettre en modèle des archétypes représentant les types de la typologie retenue. Elle permet également de diagnostiquer les éventuels manques au niveau des vulnérabilités élémentaires ainsi que de réaliser un premier niveau de test de l'implémentation de floodam.builing.
- **vulnérabilités élémentaires** (section 3.4)
  - Cette action vise à mettre en modèle la vulnérabilité des composantes élémentaires qui ne sont pas intégrées à ce jour. Elle est également l'occasion de réorganiser le travail déjà réalisé pour en assurer la maintenance future. Elle permet également d'anticiper les besoins de développements de floodam.builing.
- **adaptations** (section 3.5)
  - Cette action vise à caractériser les adaptations à l'échelle des bâtiments dont la pertinence économique sera analysée via floodam.builing. Elle permet donc, également, d'anticiper les besoins de développements de floodam.builing.
- **floodam.building** (section @ref(sec :floodam.building))
  - Cette action vise à maintenir et améliorer la librairie floodam.building en fonction des besoins exprimés par les actions précédentes, ainsi que du développement identifié de la question des incertitudes des fonctions produites.
- **fonctions de dommage préconisées** (section 3.7)
  - Cette action vise à produire les fonctions de dommages préconisées au niveau national ainsi que toutes les notices nécessaires pour leur utilisation.

### 3.2 Typologie des logements

#### 3.2.1 Objectifs

Il s'agit de produire une typologie des bâtiments à usage d'habitation qui soit représentative du parc des logements en France.

Cet objectif général se décline selon les contraintes suivantes :

- la typologie proposée doit être compatible avec les BD disponibles à l'échelle de la France entière (y compris l'outre-mer), notamment :
  - la BD topo
  - les fichiers fonciers (MAJIC)

- cette compatibilité avec les BD s'entend de la façon suivante : un utilisateur des fonctions de dommage doit pouvoir classer sans « effort excessif » tout bâtiment / logement à l'intérieur de la typologie proposée, en tout cas sans besoin de réaliser des enquêtes complémentaires.
- la typologie proposée doit permettre d'avancer sur des manques connus de la typologie actuelle :
  - meilleure représentation des bâtiments à usage des logements collectifs
  - prise en compte des extérieurs des logements

### 3.2.2 Délivrables attendus

Les livrables attendus sont les suivants :

- une typologie des bâtiments à destination d'habitation
- une méthode de classification des bâtiments dans les BD disponibles à l'échelle de la France entière, comprenant :
  - BD topo
  - fichiers fonciers (MAJIC)
- un rapport explicatif de la construction de la méthodologie, pointant toutes les limites possibles ainsi que les possibilités de les dépasser
- un programme prévisionnel des modélisations des archétypes en pointant les points de vigilance, notamment dans la stratégie retenue pour le choix des archétypes.

### 3.2.3 Timing de réalisation

- [2021] collaboration avec LAGAM (Université Paul Valéry)
- [2021] typologie stabilisée (plutôt septembre)

### 3.2.4 Partenaires impliqués

- G-eau
- LAGAM
- Cerema Méditerranée

## 3.3 Modélisation archétypes

### 3.3.1 Objectifs

Il s'agit de développer une bibliothèque de maquettes devant être utilisées comme archétypes des catégories définies dans la typologie établie.

Ce développement est à consolider, mais il devrait reposer sur les principes suivants :

- Construction de maquette à partir de logements réels :
  - documentation des caractéristiques du logement (plan réel, usage réel)
  - privilégier les logements ayant été inondés dans un passé suffisamment récents pour obtenir des données (validation ?)
- Nombre d'archétypes par catégorie :
  - viser un nombre minimum de trois
  - assurer une diversité en fonction de paramètres non inclus dans la typologie, pour en discuter les limites (par exemple origine géographique des logements ?)
- Choix des logements :
  - appliquer une méthode permettant de tester l'étape de catégorisation.
- Méthode pressentie pour le choix
  - recherche des logements dans une étendue historique d'inondation (modélisation) selon catégorisation définies
  - enquête terrain sur logements ciblés
    - \* vérification si logement entre dans catégorie attendue
    - \* vérification condition d'inondation (vs modèle)
    - \* documenter conséquences des inondations

- \* récupération des plans détaillés du logement
- modélisation du logement

### 3.3.2 Délivrables attendus

- Bibliothèque « enrichie » des archétypes
  - modèle
  - point de validation
- Consolidation de la méthode de catégorisation (amélioration - limites)

### 3.3.3 Timing de réalisation

L'étape de modélisation est la plus coûteuse en temps. Il est prévu de commencer à travailler sur cette partie avant même que la typologie soit complètement finalisée et de compléter les besoins en fonction de sa définition. Pour ce faire, il est prévu d'utiliser les actions engagées dans le cadre de so-ii (TO roi ou TO rex).

- [2021] Phase « opportune »
  - Modélisation en fonction des actions so-ii (roi - rex), voire d'action de type REX qui serait engagés sur d'autres territoires.
- [2022-2023] Phase « contrôlée »
  - Consolider de la bibliothèque de façon ciblée avec typologie, en

La phase « opportune » doit permettre de caler le rythme réaliste de réalisation et in fine l'ambition attendue en terme d'archétypes et donc de types de la typologie.

Par exemple sur un rythme de 4 maquettes par mois, on peut espérer obtenir de l'ordre de 150 maquettes fin 2023. Avec 3 archétypes par type, il ne faudrait pas un typologie de plus de 50 types.

### 3.3.4 Partenaires impliqués

- G-eau
- LAGAM
- Cerema Méditerranée

## 3.4 Vulnérabilités élémentaires

### 3.4.1 Objectifs

- réordonner composantes élémentaires → classe de vulnérabilité
- vulnérabilité
  - intégrer **aléas** (torrentiel / salin / etc.)
  - améliorer interdépendance interne (ex : mur → revêtement)
  - compléter bibliothèque des composantes élémentaires (**manque**)
  - compléter « durée » (*batiprix* / experts)? → **relogement** / **psy**
- couplage BD *batiprix* / mobilier (?) → **MAJ**

### 3.4.2 Délivrables attendus

- bibliothèque composante élémentaire
  - typologie consolidée et rationalisée
  - vulnérabilité multi-aléa
  - interdépendance
  - lien explicite avec BD d'estimation des coûts

### 3.4.3 Timing de réalisation

- [2021] Réorganisation + listing + faisabilité *batiprix*
- [2022] Couplage *batiprix*
- [2022-2023] vulnérabilité → collaborations experts (assurance)?

### 3.4.4 Partenaires impliqués

- G-eau
- *CSTB*
- *experts bâtiments & experts d'assurance*

## 3.5 Adaptations des bâtiments

### 3.5.1 Objectifs

- réviser + valider adaptation
  - liste des adaptations
    - \* compléter adaptations pour bâtiment collectif
    - \* consolider adéquation en fonction de la nature des **aléas**
    - \* poser explicitement la question de la combinaisons d'adaptations
  - modélisation de l'efficacité
    - \* experts (assurance / adaptations) ?
    - \* REX ?
  - coûts mise en œuvre
    - \* experts (adaptations) ?
- couplage BD « batiprix »
  - anticiper question des **MAJ**

### 3.5.2 Délivrables attendus

- bibliothèque des adaptations
  - méthodologie d'estimation de l'intérêt
  - méthodologie d'estimation du coût de mise en place

### 3.5.3 Timing de réalisation

- [2022] structuration sous-programme
- [2022-2023] mise en œuvre

### 3.5.4 Partenaires impliqués

- G-eau
- *CSTB*
- *experts bâtiments & experts d'assurance*

## 3.6 floodam.building

### 3.6.1 Objectifs

- MAJ « dommage »
  - « light » en fonction des besoins
  - « deep » pour points suivants
    - \* incertitude
    - \* dommage à la structure (murs porteurs) → **aléa**
    - \* réseaux internes (énergie) + séchage → **manque**
    - \* couplage BD (*batiprix* / mobilier ?)
- MAJ « adaptation » → à préciser

### 3.6.2 Délivrables attendus

- librairie **floodam.building**

### 3.6.3 Timing de réalisation

- [2021] *Prise en main DEUFI*
- [2022] structuration sous-programme
- [2022-2023] mise en œuvre

### 3.6.4 Partenaires impliqués

- G-eau

## 3.7 Préconisation pour les fonctions de dommage

### 3.7.1 Objectifs

- fonctions préconisées
  - adaptées aux typologie / BD
  - intégration incertitude
- méthodologie d'utilisation
  - calage régional ?
  - gestion des cas « problématiques » → **type** / **aléas**
  - mesures de réduction de la vulnérabilité
- validation par GT pour inclusion dans préconisations

### 3.7.2 Délivrables attendus

- fonctions de dommages
  - déclinaison selon typologie
  - incertitude
- méthodologie d'utilisation

### 3.7.3 Timing de réalisation

- [2021-2023] Fonctions produites au fil de l'eau pour tests
- [2023] Fonctions finalisées → validation ?
- [2023] Méthodologie

### 3.7.4 Partenaires impliqués

- G-eau

# Chapitre 4

## Sources de données possibles

Les sources données identifiées sont les suivantes :

- Fichier fonciers
- BD topo
- BD sit@del2
- BD batiprix

Leur description et adéquation devrait être traitée en 2022.

## Deuxième partie

### Annexes

# Annexe A

## Compte-rendus

### A.1 2021-03-04

La réunion a réuni en visio Alexandre Brun (Lagam), Paul Garcias (Architecte), Frédéric Grelot (G-eau) et Valériane Marry (G-eau) de 14h30 à 16h00.

#### A.1.1 Tour de table

- Frédéric : économiste à G-eau (INRAE), membre du GT AMC, en charge du développement / mise à jour des fonctions de dommage pour utilisation dans le cadre d'évaluation des politiques publiques (PAPI)
- Valériane : IE en CDD, animatrice du TO ROI-habitant, mobilisée sur maj des fonctions de dommage aux logements (modélisation)
- Alexandre : urbaniste au Lagam (Paul Valéry)
- Paul : architecte depuis 2014, habilité maîtrise d'œuvre depuis 2018, spécialisé dans rénovation équipement industriel → équipements loisirs (région parisienne), intervient sur projets reliant eau et territoire.

#### A.1.2 Points abordés

##### A.1.2.1 Fonction de dommage

- Précision sur la typologie, le nombre de « représentants » par type
- Précisions sur la BD de départ pour utilisation des fonctions de dommages
  - BD TOPO → traduction pour arriver à la typologie
  - MAJIC → autre traduction pour arriver à la typologie
  - dans les 2 cas, des données sont manquantes notamment la hauteur de 1er plancher par rapport au terrain naturel
- Rappel sur faiblesse méthodologique actuelle
  - difficile de statuer sur le bon choix des représentants
  - les caractéristiques détaillées des représentants ont été perdues
- Précisions sur constructions des fonctions de dommage
  - travail à l'échelle des experts de dommages → composantes élémentaires
  - C'est ce point qui implique le besoin de passer par des maquettes des représentants

Questions :

- **Comment vous prenez en compte les spécificités régionales ?** Ce n'est pas pris en compte du tout.

##### A.1.2.2 Collaborations possibles

1ère contribution de nature technique :

- Personne qui pourraient avoir des données : les CAUE pour avoir de grande tendance.

- Faire deux frises de l'histoire constructive du logement : une relative à la trajectoire individuelle en France et l'autre et du logement collectif ou une biblio de base qui serait à pondérer en fonction des régions, ça serait plus fidèle à la réalité
- Base « sit@del » des permis de construire qui permet de savoir ce que l'on construit, peut-être pas assez poussé pour savoir si la maison est en brique, mais on peut connaître la hauteur de dalle/ (<https://www.data.gouv.fr/fr/datasets/base-des-permis-de-construire-sitadel/>)
- base SMABTP
- Exploiter le zoning des PLU des communes, il donne des typologies par quartiers

Conforter des typologies

- Période de construction n'est pas dans la typologie.
- Est-ce que la typologie il ne faudrait pas qu'on l'enrichisse (22)
- Alexandre : on ne construit pas de la même manière que l'on soit en plaine, en vallée..

Sur le collectif, le CEPRI n'a pas tenu compte de la partie collective du bâtiment (ex : ascenseur ...)

Objectif en terme de précision : grande moyenne à l'échelle de chaque région ? Pas d'objectif de préciser juste être capable de placer /classer de façon exhaustive tout ce que l'on a dans un des types définis (29), pas d'exigence de précision

Ce qui pourrait être fait : prendre l'EAIP

## A.2 2021-03-22

La réunion a réuni en visio Alexandre Brun (Lagam), Paul Garcias (Architecte), Frédéric Grelot (G-eau) et Valériane Marry (G-eau) de 17h à 18h.

L'objectif était de préciser le contenu de la collaboration dans le cadre du programme d'amélioration des fonctions de dommages aux logements. Dans un premier temps, Frédéric a présenté la vision INRAE de la collaboration, dans un second temps Paul a présenté la vision partagée par Paul & Alexandre, puis une discussion a suivi. Cette façon de procéder a permis de bien se rendre compte de l'appropriation par chacun de la thématique pour construire quelque chose de partagé.

### A.2.1 Points clés présentation de Frédéric

#### A.2.1.1 Typologie

**Principe** Construire une typologie qui doit servir de guide général à l'action

**Méthodologie**

1. Construction d'une typologie *a priori* de la vulnérabilité. À définir les critères pour construire la typologie :
  - pré-classes selon grandes caractéristiques des bâtiments :
    - individuel plain-pied
    - individuel à étage
    - individuel partagé (est-ce un moyen de passer de l'individuel au collectif au sens grand ensemble?)
    - collecti (n'est-ce pas trop large?)
  - périodes de constructions → frise
  - particularité régionale → grande région ?
2. Frise de l'histoire collective (reprise de l'idée évoquée par Alexandre) : dresser une représentation de l'habitat présent en France en distinguant selon les périodes / régions. Restent les questions en suspens :
  - Quelle modalité de construction de la frise ? Une frise par pré-classe ?
  - Quel détail en terme de période de construction ?
  - Quel détail en terme de particularité régionale ?
  - Quel attendu au niveau des caractéristiques de chaque classe ?
    - plus détaillé = un plan d'un logement typique → **représentant**
    - moins détaillé = des caractéristiques architecturales permettant de décrire de quoi on parle → **guide pour recherche représentant**
3. Méthodologie de classification : construire un algorithme de classification des logements issus des BD nationales (BD TOPO / MAJIC) dans la typologie issue de l'étape 2

- Attention il faudra bien travailler sans visite terrain → **test lors de recherche représentants**

### Répartition et timing

1. typologie : **Alexandre & Paul 2021-S1**
2. frise : **Alexandre & Paul 2021-S1**
3. algo-classification : **G-eau**, validé par **Alexandre & Paul 2021-S1**

#### A.2.1.2 Bibliothèque de représentants

**Principe** Constituer une bibliothèque des **représentants** pour chacune des classes issues de la typologie. Ces **représentants** sont des logements existants, si possible en zone inondable, si possible ayant expérimenté une inondation dont il s'agira de qualifier les impacts.

#### Méthode

0. Données de départ : s'appuyer sur les sites expérimentaux du GT AMC, car accès aux données suivantes :
  - extension (modélisée) d'inondations récentes
  - BD des enjeux de type logement
1. Classification des logements selon algo-classification
2. Échantillonnage des logements
  - exposition modélisée aux inondations
  - typologie
3. Enquête auprès des habitants selon échantillonnage. Objectifs :
  - récupération caractéristiques des logements dont les plans → validation **Alexandre & Paul** que le logement est dans le type attendu
  - récupération impacts des inondations (empiriques) → préparation des points de *validation*
4. Modélisation si validation
  - mise en modèle pour **floodam.building**
  - première comparaison entre modélisation et données empiriques

### Répartition et timing

0. sites expérimentaux : GT AMC
1. classification : **G-eau 2021-S2**
2. échantillonnage : **G-eau 2021-S2**
3. enquête : **G-eau** et **Alexandre & Paul** (validation) à partir de 2021-S2
4. modélisation : **G-eau** à partir de 2021-S2

#### A.2.1.3 Typologie simplifiée

**Principe** Prévoir de simplifier la typologie pour les cas où des informations seraient manquantes.

**Méthode** À préciser.

**Répartition et timing** À partir de 2022-2023

## A.2.2 Points clés présentation de Paul

### A.2.2.1 Typologie

- Inscrire travail dans les grandes évolutions de l'habitats (âge I à âge IV)
- Typologie par arborescence → **13 pré-classes ?**
  - Maison individuelle
    - \* M1 maison de ville (tissu urbain voire péri-urbain)
    - \* M2 pavillon (tissu pavillonnaire)
    - \* M3 habitat intermédiaire (ZAC, couture urbaine)
    - \* M4 ?
  - Habitat collectif
    - \* besoin d'une définition claire = logement avec au moins 2 habitations desservies par des parties communes.
    - \* C1A immeuble ancien (centres historiques)

- \* C1B immeuble haussmanien (XIXe) → **spécifique Paris ?**
- \* C2A grand ensemble “barre”
- \* C2B grand ensemble “tour”
- \* C2C grand ensemble “hybride”
- \* C3A post-moderne ZAC
- \* C3B post-moderne “opportun”
- \* C4A écolo “résilient”
- \* C4B écolo “réversible”
- Ajout de variables
  - Nombre de niveaux (pour M) → R1/R2/R3
  - Occupation du RdC
  - matériaux de construction
    - \* exemple enveloppe : briques / parpaing / béton cellulaire / pierre massive / ossature bois

### A.2.2.2 Portrait-robot de chaque catégorie

- Caractéristiques générales
  - type, niveaux, année, cave, RdC, extérieur, construction, régionalisme
- Plans (coupes / masse)
- Pièces (répartition)

### A.2.3 Discussions

- Convergence des vues!
- Distinction nécessaire entre :
  - portrait-robot (sorte d’archétype de la catégorie)
  - représentant (logement réel classé dans la catégorie)
- Étape typologie = **PREMIÈRE ÉTAPE**
  - dresser la typologie (sûrement un premier jet qui sera affiné)
  - discussion sur la faisabilité globale à partir de la typologie
  - étape portrait robot : trouver le bon compromis entre
    - \* info de base pour comprendre de quoi on parle et
    - \* infos « complètes » quasi du niveau **représentants**
    - \* objectif : éviter trop de travail inutile
- Choix des catégories à travailler
  - faire avec analyse parc logement actuel dans l’EAIP
  - regarder nb de logements présents dans chaque catégorie → **priorités de traitement**
  - nécessité de travailler su algo-classement rapidement!
  - **voir comment bosser car BD importantes** (problématiques G-eau)
- **Alexandre & Paul** font un devis pour un travail équivalent à une semaine
- Complément PLU
  - intégrer PLU dans connaissances des habitats (Paul)
  - préconisations futures basées sur caractéristiques actuelles des quartiers (Paul) → bon moyen de mieux catégoriser
  - PLU non disponibles partout → savoir adapter méthodologie!
- Complément BIM
  - Paul travaille avec BIM pour les plans
  - À voir si on peut trouver des moyens de traduire BIM en format compatibles avec floodam-building (besoin informaticien)

## Annexe B

# Traitements de classification des logements de la BD TOPO

Cette section montre les traitements développés pour la classification de la BD TOPO.

### B.1 Gestion des librairies

```
library(sf)
library(so.i)
prout
```

### B.2 Importation des données

```
dir.create(path, showWarnings = FALSE, recursive = TRUE)

# Lecture des données originelles → sauvegarde à un format plus rapide à relire

# IGN - old format

# batiment = sf::st_read("data-local/IGN/BDTOPO/BDT_3-0_SHP_LAMB93_D034-ED2021-09-15/BATI/BATIMENT.shp")
# commune = sf::st_read("data-local/IGN/BDTOPO/BDT_3-0_SHP_LAMB93_D034-ED2021-09-15/ADMINISTRATIF/COMMUNE.shp")
# selection = sf::st_intersects(batiment, commune)
# batiment = batiment[lengths(selection) > 0,]
# selection = selection[lengths(selection) > 0]
# batiment[["commune"]] = commune[["INSEE_COM"]][sapply(selection, '[[', 1)]
# batiment[["departement"]] = substr(batiment[["commune"]], 1, 2)
# batiment = batiment[ batiment[["departement"]] == "34", ]
# saveRDS(batiment, file.path(path, "BDT_3-0_SHP_LAMB93_D034-ED2021-09-15_batiment.rds"))
# saveRDS(commune, file.path(path, "BDT_3-0_SHP_LAMB93_D034-ED2021-09-15_commune.rds"))

# pdf("check.pdf")
# plot(commune$geometry)
# plot(batiment[batiment$commune == "34172", "geometry"], col = "red", border = "red", add = TRUE)
# dev.off()

# IGN - new format

# path_archive = "data-local/IGN/BDTOPO/BDT_3-0_GPKG_LAMB93_D034-ED2021-12-15"
# archive = "BDT_3-0_GPKG_LAMB93_D034-ED2021-12-15.gpkg"
# batiment = sf::st_read(file.path(path_archive, archive), layer = "batiment")
# commune = sf::st_read(file.path(path_archive, archive), layer = "commune")
# commune = commune[commune[["code_insee_du_departement"]] == "34", ]
# selection = sf::st_intersects(batiment, commune)
# batiment = batiment[lengths(selection) > 0,]
# selection = selection[lengths(selection) > 0]
# batiment[["commune"]] = commune[["code_insee"]][sapply(selection, '[[', 1)]
```

```

# batiment[["departement"]] = "34"

# pdf(file.path(path, gsub(".gpkg", "_check.pdf", archive)))
# plot(commune[["geom"]])
# plot(batiment$commune == "34172", "geom", col = "red", border = "red", add = TRUE)
# dev.off()

# saveRDS(
#   batiment,
#   file.path(path, gsub(".gpkg", "_batiment.rds", archive))
# )
# saveRDS(
#   commune,
#   file.path(path, gsub(".gpkg", "_commune.rds", archive))
# )

# INSEE

# insee = read.table("data-local/INSEE/BTT_TD_LOG1_2017.csv", sep = ";", dec = ".", header = TRUE)
# insee = insee[grep("^34", insee$CODGEO), ]
# saveRDS(insee, file.path(path, "BTT_TD_LOG1_2017_D034.rds"))

# Lecture des données au format rds
batiment = readRDS(file.path(path, "BDT_3-0_GPKG_LAMB93_D034-ED2021-12-15_batiment.rds"))
commune = readRDS(file.path(path, "BDT_3-0_GPKG_LAMB93_D034-ED2021-12-15_commune.rds"))
insee = readRDS(file.path(path, "BTT_TD_LOG1_2017_D034.rds"))

```

## B.3 Classification des données

### B.3.1 Sélection des logements

- sélection des bâtis où 'LEGER' est 'Non'
- sélection des bâtis pour lesquels 'USAGE1' & 'USAGE2' sont 'Résidentiel' ou 'Indifférencié'
- pas de sélection selon 'NATURE' même si des fois ça pose question (quand 'USAGE1' est 'Indifférencié' notamment)
- pas de sélection selon 'NB\_LOGTS' même si des fois 'NB\_LOGTS' = 0

### B.3.2 Ajout d'informations

- 'area' surface en m<sup>2</sup>
- 'terrace' logical, vrai lorsque le polygone a un mitoyen
- 'height' arrondi de 'HAUTEUR'
- 'level' nombre de niveau à partir de 'height' (modulo 3)
  - pas de 'level' < 1 (correction)
  - sinon s'en servir pour affiner sélection?
- 'developed' surface développée ('area' × 'level') en m<sup>2</sup>
- 'dwelling' pour le moment 'NB\_LOGTS'
  - corriger à partir de 'developed'?
  - compléter à partir d'analyse statistique?

### B.3.3 Classification

- 'typology' classification selon "
  - AB : 'dwelling' > 10
  - MFH : 'dwelling' in [2, 10]
  - SFH : 'dwelling' == 1 & 'terrace' == FALSE
  - TH : 'dwelling' == 1 & 'terrace' == TRUE

```

select_from_usage = function(x, na = TRUE, what = c("Résidentiel", "Indifférencié")) {
  if (na == TRUE) {
    return(is.na(x) | x %in% what)
  }
}

```

```

} else {
  return(x %in% what)
}
}

categorisation = function(layer, commune = NULL) {
  start = Sys.time()
  cat(sprintf("Categorization of layer: %s to be treated\n", nrow(layer)))

  # Exclusion of leger
  layer = layer[layer[["construction_legere"]] == FALSE,]
  elapsed = Sys.time() - start
  cat(
    sprintf(
      "\t- Exclusion of 'construction_legere': %s remaining \t%s %s elapsed\n",
      nrow(layer),
      round(elapsed, 2),
      attr(elapsed, "units")
    )
  )

  # Analyse of USAGE1 & USAGE2
  layer = layer[
    select_from_usage(layer[["usage_1"]]) | select_from_usage(layer[["usage_2"]], na = FALSE),
  ]
  elapsed = Sys.time() - start
  cat(
    sprintf(
      "\t- Analyse of USAGE: %s remaining \t%s %s elapsed\n",
      nrow(layer),
      round(elapsed, 2),
      attr(elapsed, "units")
    )
  )

  # Adding 'dwelling' information
  layer[["dwelling"]] = layer[["nombre_de_logements"]]
  elapsed = Sys.time() - start
  cat(
    sprintf(
      "\t- Addition of 'dwelling' information: %s treated \t%s %s elapsed\n",
      nrow(layer),
      round(elapsed, 2),
      attr(elapsed, "units")
    )
  )

  # Removing non-dwellings
  layer = layer[!is.na(layer[["dwelling"]]), ]
  elapsed = Sys.time() - start
  cat(
    sprintf(
      "\t- Removing non-dwelling: %s remaining \t%s %s elapsed\n",
      nrow(layer),
      round(elapsed, 2),
      attr(elapsed, "units")
    )
  )

  # Adding 'commune' information
  if (!is.null(commune)) {
    layer[["commune"]] = commune[["INSEE_COM"]][sapply(sf::st_intersects(layer, commune), '[' , 1)]
    elapsed = Sys.time() - start
    cat(
      sprintf(
        "\t- Addition of 'commune' information: %s treated \t%s %s elapsed\n",
        nrow(layer),
        round(elapsed, 2),
        attr(elapsed, "units")
      )
    )
  }
}

```

```

}

# Adding 'area' information
layer[["area"]] = sf::st_area(layer)
elapsed = Sys.time() - start
cat(
  sprintf(
    "\t- Addition of 'area' information': %s treated \t%s %s elapsed\n",
    nrow(layer),
    round(elapsed, 2),
    attr(elapsed, "units")
  )
)

# Adding 'terrace' information
layer[["terrace"]] = sapply(sf::st_intersects(layer, layer), function(x) {length(x) > 1})
elapsed = Sys.time() - start
cat(
  sprintf(
    "\t- Addition of 'terrace' information': %s treated \t%s %s elapsed\n",
    nrow(layer),
    round(elapsed, 2),
    attr(elapsed, "units")
  )
)

# Adding 'height', 'level', 'developed' information
layer[["height"]] = round(layer[["hauteur"]])
layer[["level"]] = pmax(round(layer[["height"]]) %/% 3, 1)
layer[["developed"]] = layer[["area"]] * layer[["level"]]
elapsed = Sys.time() - start
cat(
  sprintf(
    "\t- Addition of 'height', 'level', 'developed' information': %s treated \t%s %s elapsed\n",
    nrow(layer),
    round(elapsed, 2),
    attr(elapsed, "units")
  )
)

# Adding 'typology' information
layer[["typology"]] = NA_character_
layer[!is.na(layer[["dwelling"]]) & layer[["dwelling"]] > 1, "typology"] = "MFH"
layer[!is.na(layer[["dwelling"]]) & layer[["dwelling"]] > 10, "typology"] = "AB"
layer[!is.na(layer[["dwelling"]]) & layer[["dwelling"]] == 1 & !layer[["terrace"]], "typology"] = "SFH"
layer[!is.na(layer[["dwelling"]]) & layer[["dwelling"]] == 1 & layer[["terrace"]], "typology"] = "TH"
elapsed = Sys.time() - start
cat(
  sprintf(
    "\t- Addition of 'typology' information': %s treated \t%s %s elapsed\n",
    nrow(layer),
    round(elapsed, 2),
    attr(elapsed, "units")
  )
)

return(layer)
}

```

### B.3.4 Traitement sur BD TOPO

```

dwelling = categorisation(batiment)

# save shp (long time)
# sf::st_write(
#   sf::st_zm(dwelling, drop = TRUE, what = "ZM"),
#   file.path(path, "dwelling_D034.shp"),
#   append = FALSE
# )

```

```
saveRDS(dwelling, file.path(path, "dwelling_D034.rds"))
```

## B.4 Analyses

### B.4.1 Données BD TOPO

Attention dans le traitement de la BD TOPO au département, il y a comme un buffer de commune autour du département qu'il faut enlever.

### B.4.2 Données INSEE

```
# detail = aggregate(insee["NB"], insee[c("ACHL19", "CATL", "TYPLR")], sum)
# catl = aggregate(insee["NB"], insee[c("CATL")], sum)
# dwelling_insee = sum(insee[["NB"]])

# ACHL19 : époque d'achèvement de la construction

#   A11 : Avant 1919
#   A12 : De 1919 à 1945
#   B11 : De 1946 à 1970
#   B12 : De 1971 à 1990
#   B100 : De 1991 à 2005
#   C106P : De 2006 à 2014

# CATL : catégorie de logement

#   1 : résidences principales
#   2 : logements occasionnels
#   3 : résidences secondaires
#   4 : logements vacants

# TYPLR : type de logement

#   1 : maisons
#   2 : appartements
#   3 : autres
```

### B.4.3 Comparaison

```
dwelling = readRDS(file.path(path, "dwelling_D034.rds"))

# drop geometry for aggregate
# dwelling_data = sf::st_drop_geometry(dwelling)

# view = cbind(
#   aggregate(
#     dwelling_data["ID"],
#     by = dwelling_data[c("level", "typology")],
#     length
#   ),
#   logement = aggregate(
#     dwelling_data["dwelling"],
#     by = dwelling_data[c("level", "typology")],
#     mean, na.rm = TRUE
#   )[[3]],
#   surface = aggregate(
#     dwelling_data["area"],
#     by = dwelling_data[c("level", "typology")],
#     mean, na.rm = TRUE
#   )[[3]],
#   developpee = aggregate(
#     dwelling_data["developed"],
#     by = dwelling_data[c("level", "typology")],
#     mean, na.rm = TRUE
#   )[[3]],
#   hauteur = aggregate(
```

```

#     dwelling_data["HAUTEUR"],
#     by = dwelling_data[c("level", "typology")],
#     mean, na.rm = TRUE
# )[[3]],
# # level = aggregate(dwelling_data["level"], by = dwelling_data[c("NB_ETAGES", "typology")], mean, na.rm = TRUE)[[3]]
# level = aggregate(
#     dwelling_data["NB_ETAGES"],
#     by = dwelling_data[c("level", "typology")],
#     mean, na.rm = TRUE
# )[[3]]
# )

batiment_34 = structure(
  aggregate(
    sf::st_drop_geometry(batiment["NB_LOGTS"]),
    by = sf::st_drop_geometry(batiment["commune"]),
    sum, na.rm = TRUE
  ),
  names = c("commune", "BD TOPO")
)
insee_34 = structure(
  aggregate(
    insee["NB"],
    by = insee["CODGEO"],
    sum, na.rm = TRUE
  ),
  names = c("commune", "INSEE")
)
dwelling_34 = structure(
  aggregate(
    sf::st_drop_geometry(dwelling["dwelling"]),
    by = sf::st_drop_geometry(dwelling["commune"]),
    sum, na.rm = TRUE
  ),
  names = c("commune", "dwelling")
)

comparision = merge(dwelling_34, merge(batiment_34, insee_34))
comparision[["INSEE"]] = round(comparision[["INSEE"]])
comparision[["rate"]] = round(comparision[["BD TOPO"]]/comparision[["INSEE"]], 3)

write.csv2(comparision, file.path(path, "comparision.csv"), row.names = FALSE)

```

Le nombre de logements dans bd\_topo est inférieur à celui de l'INSEE, et mécaniquement celui de dwelling.

```

comparision = read.csv2(file.path(path, "comparision.csv"), row.names = 1)
knitr::kable(t(colSums(comparision[1:3])), format = "latex", booktabs = TRUE)

```

Une analyse à l'échelle des communes montrent que les cas sont plus variés...

```

comparision = comparision[order(comparision[["rate"]], decreasing = TRUE), ]
extremum = rbind(head(comparision, 10), tail(comparision, 10))
knitr::kable(extremum, format = "latex", booktabs = TRUE, linesep = c(rep("", 9), "\\midrule"))

```

```

commune = readRDS(file.path(path, "BDT_3-0_SHP_LAMB93_D034-ED2021-09-15_COMMUNE.rds"))
commune = commune[commune$INSEE_DEP == "34", ]
commune[["rate"]] = comparision[commune[["INSEE_COM"]], "rate"]
plot(commune[["rate"]], breaks = c(0, 0.5, 0.75, 0.9, 1, 1.1, 1.25, 1.5, 2, 3, 4), axes = TRUE)

```

## B.4.4 Classification

```

dwelling_df = sf::st_drop_geometry(dwelling)

result = addmargins(
  table(dwelling_df[c("commune", "typology")], useNA = "always"),
  FUN = list(total = sum),
  quiet = TRUE
)

```

```
result = result[order(result[, "total"], decreasing = TRUE), ]

knitr::kable(
  head(result, 10),
  format = "latex",
  booktabs = TRUE,
  linesep = c("\\midrule", rep("", 9))
)
```

## B.5 Cas étranges

La classification fait ressortir des cas très très étranges

- mono-logement dans des bâtiments avec beaucoup d'étages et/ou une grande surface
- habitat de fonction ?

Il faudrait isoler ces cas et faire de la vérification de terrain

# Annexe C

## Données batiprix

### C.1 Points sur la méthodologie de calcul

Ces points sont directement issus de la FAQ en ligne de batiweb (<https://web.batiprix.com/Help/FAQ>)

#### C.1.1 Comment sont calculés les prix de vente Batiprix ?

Les prix de vente proposés par Batiprix ne sont pas des prix constatés, mais calculés de façon rigoureuse à partir d'hypothèses transparentes propres à chaque corps d'état. Ces hypothèses correspondent à celles d'un artisan ou d'une petite entreprise du bâtiment.

Batiprix utilise la méthode dite du déboursé sec, largement utilisée dans le secteur de la construction en France.

- Le déboursé sec correspond à l'achat de matériaux auquel on additionne les coûts de main d'œuvre
- Le prix de revient est obtenu en ajoutant les frais généraux (sous forme d'un coefficient) au déboursé sec
- L'application d'une marge permet d'obtenir le prix de vente estimatif.

#### C.1.2 Comment sont calculés les prix des matériaux dans Batiprix ?

Le prix d'un matériau correspond à la moyenne du prix d'achat de fournitures équivalentes.

Les remises moyennes octroyées par les fabricants et distributeurs aux artisans sont également prises en compte.

Les matériaux et matériels sont considérés « rendus chantier » (hors sujétions de manutention : coltinage, montage et descente par escalier). Comment est calculé le taux horaire de main d'œuvre dans Batiprix ?

Les coûts horaires définis par Batiprix sont adaptés en fonction de chaque corps d'état et sont actualisés à l'aide de l'indice salaire élémentaire du BTP. Sur une base de 35 heures hebdomadaires, sont inclus : les temps improductifs, les indemnités journalières (repas, transport) et charges salariales.

#### C.1.3 Comment sont définis les coefficients de frais généraux dans Batiprix ?

Les frais généraux de Batiprix correspondent à la répartition des charges de l'entreprise (assurances, abonnement télécom, électricité, petit outillage, etc.). Dans Batiprix, ils sont calculés sous forme d'un coefficient et sont différents selon les corps d'état.

#### C.1.4 Quelle hypothèse de marge est prise en compte dans Batiprix ?

Dans nos calculs, nous nous basons sur une marge de 10%.

### C.1.5 Quelles précautions dois-je prendre en compte pour les conditions d'interventions sur un chantier spécifique ?

Lorsque vous établissez un devis pour un client, n'oubliez pas de prendre en compte les conditions d'intervention propres à votre chantier.

- Entretien et rénovation : pour ces travaux, il convient de prendre en compte les conditions d'intervention spécifiques :
- Le cas échéant, l'occupation et l'encombrement des locaux (cf. ci-après)
- Les éventuels temps de déplacement liés aux petits travaux (cf. ci-après)
- Les travaux complémentaires à reprendre en supplément (ex : dépose)
- Hauteur d'intervention : les ouvrages détaillés dans Batiprix s'entendent pour des travaux exécutés jusqu'à 2,5m de hauteur. Si les travaux débutent ou se poursuivent au-delà de cette hauteur, il y aura lieu de prévoir un échafaudage.
- Locaux occupés ou encombrés : pour les travaux exécutés dans des locaux occupés de manière permanente ou intermittente ou dans des locaux encombrés, il y aura lieu de prévoir une perte de temps supplémentaire. A défaut d'appréciation, d'appliquer une majoration de 10% sur la main d'œuvre. Les protections particulières et les manutentions de mobilier ou autre présents dans les locaux, seront à prévoir en supplément.
- Petites interventions : les ouvrages détaillés dans Batiprix s'entendent pour des travaux nécessitant au moins l'intervention d'un ouvrier pendant une journée complète. Dans le cas d'intervention d'une durée inférieure, il y aura lieu de prendre en compte le déplacement spécial aller et retour qui ne pourra être inférieur à une heure.

### C.1.6 Comment sont exprimés les temps moyen d'exécution de main d'œuvre ?

Les temps moyens de main d'œuvre pour l'exécution d'un ouvrage sont exprimés en heures et millièmes d'heure ramenés à un ouvrier moyen.

Exemple : une cloison en plaques de plâtre de 13mm, d'épaisseur 72mm faisant 4,00m de largeur x 2,50m de hauteur = 10,00m<sup>2</sup>, a été réalisée (y compris le traçage, l'approche des matériaux, et les joints entre plaques, etc.) en 6 heures de main d'œuvre.

Le temps au m<sup>2</sup> est donc de  $\frac{6h}{10m^2} = 0,6h.m^{-2}$

# Bibliographie

- CEPRI. Évaluation des dommages liés aux inondations sur les logements. Technical report, CEPRI, Orléans, France, Août 2014a.
- CEPRI. Évaluation des dommages aux logements liés aux submersions marines. adaptation des courbes de dommages au contexte littoral. Technical report, CEPRI, Orléans, France, Août 2014b.
- Frédéric Grelot and Claire Richert. *Modelling Flood Damage functions of buildings. Manual for floodam v1.0.0*. Irstea, version 1.0.0.b edition, 2019. URL <https://irsteadoc.irstea.fr/cemoa/PUB00061355>.
- Claire Richert, Hélène Boisgontier, and Frédéric Grelot. Economic assessment of precautionary measures against floods : insights from a non-contextual approach. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 19(11) :2525–2539, 2019. doi : 10.5194/nhess-19-2525-2019.
- Delphine Rouchon, Natacha Christin, Cédric Peinturier, and Doris Nicklaus. Analyse multicritères des projets de prévention des inondations. guide méthodologique 2018. Théma - balises, Ministère de la Transition Écologique et Solidaire, Commissariat général au développement durable, Paris, France, mar 2018a.
- Delphine Rouchon, Natacha Christin, Cédric Peinturier, and Doris Nicklaus. Analyse multicritères des projets de prévention des inondations. Annexes Techniques 2018. Théma - balises, Ministère de la Transition Écologique et Solidaire, Commissariat général au développement durable, Paris, France, mar 2018b.