

Master en architecture à finalité spécialisée

TFE « En et Sur l'Architecture ».

**Dimension : HERITAGE.**

Dossier de recherche théorique

RÉSILIENCE DU BÂTI INDUSTRIEL : HYPOTHÈSE DE MÉTHODOLOGIE  
D'INTERVENTION RÉSILIENTE COMME VECTEUR DE  
RÉHABILITATION DU PATRIMOINE

Cas d'étude : Usine Mélotte à Gembloux

Kozyreff Basile

Expert : Mr Jean-François RONDEAUX  
Co-promoteurs : Mr Christophe GILLIS  
Mr David VANDENBROUCKE & Mme Cécile MAIRY

---

Année académique 2022-2023



## REMERCIEMENTS

A mon expert Mr Jean-François Rondeaux pour nos échanges sur la résilience et la méthodologie de ma recherche. Ses conseils avisés et son expertise m'ont été d'une grande aide.

A tous les professeurs et les intervenants que j'ai pu côtoyer durant mon cursus à LOCI, ils ont participé de près ou de loin à ma formation et à mon intérêt pour l'architecture et ont contribué à l'élaboration d'un sujet de recherche qui me tient à cœur.

A mes co-promoteurs, Messieurs Gillis et Vandembroucke et Madame Mairy, merci pour leur enthousiasme et leurs remarques pertinentes. Tantôt bousculants, tantôt rassurants, leur énergie dans l'atelier « héritage » m'a permis de développer mon travail de fin d'étude. Un grand merci également à Sophia Sentissi pour ses conseils précieux et son temps.

Au Cercle royal « Art et Histoire » de Gembloux, merci de m'avoir accueilli et de m'avoir permis de fouiller dans les archives à la recherche de la moindre information sur l'usine Mélotte.

A mes amis et colocataires qui ont toujours été là pour me soutenir ou me conseiller avec leur vision d'étudiants architectes. Merci à Gayane Maes, Hadrien de Pierpont, Pierre Poswick et Quentin Olix. Nos échanges variés au quotidien, de temps en temps houleux, m'ont permis de développer ce travail de recherche.

A Quentin Olix qui m'a fait découvrir mon cas d'étude à Gembloux et qui m'a accompagné aussi bien dans mes visites de site en urbex que dans ma recherche de projet. Son aide et ses conseils ont toujours été précieux. Son regard extérieur et sa passion pour l'architecture m'ont été d'une grande aide.

Je souhaite aussi remercier mes parents et frères et sœur pour leur soutien et leur encouragement constant tout au long de mes 5 années études.

Enfin, un merci tout particulier à ma maman, toujours prête à m'aider, souvent à la dernière minute, et à faire de la place dans son agenda pour moi. Merci d'avoir réouvert Autocad et d'avoir pris du temps pour me conseiller même quand ce n'était pas le bon moment.



## RÉSUMÉ

L'architecture industrielle en Wallonie est le témoin d'un passé productif et novateur. Les sites et bâtiments industriels délaissés font l'objet de nombreux projets de réhabilitation. Mais quelles sont les méthodes d'interventions résilientes sur ces bâtiments ? Ce travail de fin d'études questionne la résilience d'un site industriel lors de sa réhabilitation. Il propose une définition de la résilience en architecture comme levier de projet. La résilience d'un bâtiment industriel, c'est la capacité de son architecture à offrir une structure résistante et des espaces adaptables à des changements d'usages. Aussi, le travail met en évidence une série de paramètres de résilience ainsi que les caractéristiques résilientes d'un bâtiment industriel. Enfin, il propose une méthodologie d'intervention résiliente sur du bâti industriel lors de sa réhabilitation par l'identification d'éléments architecturaux résilients. C'est donc par cette approche du patrimoine bâti industriel et de sa résilience que l'on propose une hypothèse de méthodologie d'intervention résiliente comme vecteur de réhabilitation du patrimoine.

## Table des matières

INTRODUCTION.....	9
ETAT DE L'ART.....	13
MÉTHODOLOGIE.....	19
<b>PARTIE I : RÉSILIENCE DU BÂTI INDUSTRIEL : HYPOTHÈSE D'INTERVENTION RÉSILIENTE COMME VECTEUR DE RÉHABILITATION DU PATRIMOINE .....</b>	<b>21</b>
<b>1. Paramètres de la résilience en architecture .....</b>	<b>23</b>
<b>1.1. La résilience en architecture.....</b>	<b>23</b>
1.1.1. Hypothèse de définition :.....	23
1.1.2. Les deux capacités de la résilience :.....	25
<b>1.2. Les ressources de la résilience.....</b>	<b>29</b>
1.2.1. La redondance.....	31
1.2.2. La division.....	33
1.2.3. L'uniformité.....	35
1.2.4. La robustesse.....	36
1.2.5. La richesse des éléments.....	39
<b>1.3. Les paramètres interdépendants de la résilience .....</b>	<b>41</b>
1.3.1. L'évolutivité.....	43
1.3.2. La stabilité.....	45
1.3.3. La réutilisabilité.....	47
1.3.4. La durabilité.....	49
1.3.5. La réversibilité.....	51
<b>1.4. Synthèse : La résilience comme vecteur de réhabilitation ?.....</b>	<b>53</b>
<b>2. Bâti industriel, caractéristiques de résilience et valeurs.....</b>	<b>55</b>
<b>2.1. Bâtiments et sites industriels.....</b>	<b>55</b>
2.1.1. Contexte.....	55
2.1.2. Définitions du bâti industriel.....	55
<b>2.2. Typologies et composantes .....</b>	<b>57</b>
2.2.1. Les bâtiments administratifs.....	57
2.2.2. Les cheminées.....	57
2.2.3. Les ateliers.....	57
2.2.4. Les halles.....	59
2.2.5. Les sheds.....	59
2.2.6. Les installations extérieures.....	59
<b>2.3. Evolution des usages et des fonctions.....</b>	<b>61</b>

2.3.1.	La (re)construction.....	61
2.3.2.	Le changement de fonction .....	61
2.3.3.	L'abandon.....	61
2.3.4.	L'obsolescence.....	61
2.3.5.	La ruine.....	61
<b>2.4.</b>	<b>Valeurs patrimoniales : comparaison.....</b>	<b>65</b>
2.4.1.	Les valeurs du patrimoine industriel.....	65
2.4.2.	Les valeurs d'art selon Alois Riegl : .....	65
2.4.3.	Interactions avec les enjeux de résilience.....	67
<b>2.5.</b>	<b>Synthèse : Le bâti industriel, une architecture résiliente.....</b>	<b>69</b>
<b>3.</b>	<b>Hypothèse de méthodologie d'intervention résiliente sur un bâti industriel... 71</b>	
<b>3.1.</b>	<b>3R comme méthodologie résiliente .....</b>	<b>71</b>
<b>3.2.</b>	<b>Opportunités et enjeux résilients d'un site industriel.....</b>	<b>75</b>
<b>3.3.</b>	<b>Eléments résilients en regard des matériaux.....</b>	<b>79</b>
3.3.1.	Les infrastructures.....	81
3.3.2.	Les sols.....	85
3.3.3.	Les structures .....	87
3.3.4.	Les enveloppes .....	89
3.3.5.	Les cavités .....	91
<b>3.4.</b>	<b>Synthèse : Hypothèse de mode d'intervention résiliente .....</b>	<b>92</b>
	<b>Conclusion.....</b>	<b>97</b>
	<b>Limites et perspectives.....</b>	<b>99</b>
	<b>PARTIE II : RÉHABILITATION DE L'USINE MÉLOTTE À GEMBOUX .....</b>	<b>101</b>
<b>1.</b>	<b>Introduction : Usine Mélotte à Gembloux.....</b>	<b>103</b>
<b>2.</b>	<b>Analyse historique et patrimoniale .....</b>	<b>105</b>
2.1.	Le site .....	105
2.2.	Les ateliers .....	111
2.3.	Le bâtiment administratif .....	111
2.4.	Les installations extérieures.....	111
2.5.	Les sheds.....	113
2.6.	La halle.....	113
<b>3.</b>	<b>Démarche conceptuelle.....</b>	<b>115</b>
	<b>ANNEXE .....</b>	<b>120</b>
	<b>BIBLIOGRAPHIE .....</b>	<b>122</b>



# INTRODUCTION

J'ai eu la chance d'avoir une famille et des parents dotés d'un intérêt pour l'architecture et le patrimoine. En vacances, j'ai souvent découvert les richesses architecturales des régions dans lesquelles nous nous trouvions. Au fur et à mesure que je grandissais, j'ai aussi développé une attirance personnelle pour les traces du passé en architecture, ce qu'elles impliquent et la manière dont nous les recevons. Ainsi, j'aime découvrir l'histoire des lieux et des bâtiments. J'aime aussi imaginer quelles ont été leurs occupations et comment ils vont évoluer dans le temps.

C'est aussi la pratique de l'urbex<sup>1</sup> qui m'a intéressé à l'histoire des lieux abandonnés. Autrefois humanisés, aujourd'hui délaissés, ces sites sont à mes yeux dignes d'intérêt. J'aime essayer de comprendre l'histoire de ces lieux, de ces bâtiments, et imaginer comment ils pourraient être revalorisés, quelle seconde vie ils pourraient connaître. J'aime aussi essayer de comprendre les ressources du site, ses opportunités, ses faiblesses, ses forces et ses menaces.

Aussi, un mode d'intervention résilient s'inscrit dans l'idée d'habiter les ruines, de réhabiliter les lieux. L'idée d'habiter des ruines n'implique pas nécessairement de les rénover ou de les détruire. Il s'agit plutôt de composer avec elles, de les utiliser de l'une ou l'autre manière pour faire de l'architecture moderne<sup>2</sup>. Elles deviennent alors des éléments d'un nouveau projet. Les ruines sont des témoins de l'histoire d'un lieu. De nos jours, elles suscitent de plus en plus d'intérêt auprès du grand public même s'il manque parfois de communication. Un site en ruine est un paysage chargé d'histoire qui ne demande qu'à revivre d'une quelconque manière<sup>3</sup>. Le patrimoine bâti, aujourd'hui en ruine, n'est pas assez exploité ou demande trop de moyens en comparaison de ceux qui sont disponibles. C'est la question d'économie de matière et d'écologie qui est intéressante à explorer dans ce cas-là. Comment composer avec ce qui existe ?

J'ai découvert la résilience à l'atelier de projet en Master 1. Mais ce mot et ce concept m'étaient inconnus et ne m'attiraient pas vraiment. Ensuite, en Erasmus en Crète, j'ai suivi un cours dénommé « Smart City ». En anglais et en petit groupe, nous avons découvert quels étaient les principes résilients d'une ville et d'un quartier, et comment on pouvait repenser intelligemment et de manière inclusive un quartier, un pôle dans la ville. Le principe de recomposer un quartier sur base des ressources présentes était une approche résiliente. C'est en Master 2 que j'ai choisi l'atelier « Résilience ». Parallèlement à cela, j'ai toujours eu un intérêt pour la psychologie et la capacité des êtres humains à utiliser leurs ressources internes afin de surmonter des problèmes. La découverte du concept de résilience en architecture m'a donné envie d'approfondir le sujet dans le cadre de mon travail de fin d'études.

---

<sup>1</sup> « L'exploration urbaine, abrégée en urbex [...] est une pratique consistant à visiter des lieux construits et abandonnés par l'homme » de Wikipédia : L'exploration urbaine sur [https://fr.wikipedia.org/wiki/Exploration\\_urbaine](https://fr.wikipedia.org/wiki/Exploration_urbaine) [consulté le 16/05/2023]

<sup>2</sup> Selon DARMON, O (2016). Habiter les ruines : *transformer, réinventer*

<sup>3</sup> Selon DE VISSCHER, L (2021). *Carmody Groarke : Un vécu partagé*, [source : A+]



Par ailleurs, le patrimoine industriel de l'avant-guerre et les témoins de la révolution industrielle en Wallonie m'ont toujours fasciné. J'ai toujours aimé les projets de réhabilitation et la manière dont on peut composer et imaginer un projet d'architecture avec l'existant, aussi délabré soit-il. Enfin, la famille Mélotte qui a fondé l'usine a aussi, à ma grande surprise, des liens de parenté avec ma propre famille. C'est donc avec un intérêt pour l'histoire familiale, aussi éloignée soit-elle, que j'ai développé un travail théorique et un projet sur cette usine abandonnée.

Les thématiques de ce travail de réhabilitation et de résilience sont donc actuelles et prennent sens aujourd'hui dans notre société et dans le domaine de l'architecture. Le sujet consiste à revaloriser la matière avec une approche patrimoniale. La question de recherche s'inscrit dans la volonté de redonner vie à des sites oubliés en conservant tout ou partie du patrimoine architectural présent sur le site historique. Le concept de la résilience en architecture et la réhabilitation d'un site industriel sont à mes yeux deux sujets qui se complètent et qui méritent d'être approfondis.



## ETAT DE L'ART

Le mot résilience vient du verbe latin « Resilire, resilio » et veut dire rebondir, sauter en arrière. Le concept de résilience aurait été utilisé pour la première fois en 1626 par le philosophe Francis Bacon<sup>4</sup>.

Aujourd'hui le principe de la résilience est essentiellement utilisé en psychologie, bien qu'emprunté aux sciences et à la physique. Développée par Boris Cyrulnik<sup>5</sup> dans les années 1990 auprès du public francophone, la résilience est définie comme l'aptitude d'un individu à surmonter des traumatismes et à se construire et à vivre de manière satisfaisante en dépit de circonstances traumatiques. Il définit la résilience comme ceci :

« On ne peut parler de résilience que s'il y a eu un traumatisme suivi de la reprise d'un type de développement, une déchirure raccommodée. Il ne s'agit pas du développement normal puisque le traumatisme inscrit dans la mémoire fait désormais partie de l'histoire du sujet comme un fantôme qui l'accompagne. Le blessé de l'âme pourra reprendre un développement, dorénavant infléchi par l'effraction dans sa personnalité antérieure »<sup>6</sup>

La résilience est également un principe pluridisciplinaire. On retrouve par exemple ces définitions :

« En physique des matériaux (métallurgie), la résilience concerne l'évaluation de la résistance des matériaux à des chocs élevés et leur capacité d'absorber l'énergie cinétique sans se rompre. En informatique, la résilience est la capacité d'un système à continuer à fonctionner en dépit d'anomalies liées aux défauts de ses éléments constitutifs. En Sciences Humaines (psychologie, sociologie...), la résilience peut être considérée comme un processus dynamique impliquant l'adaptation positive dans le cadre d'une adversité significative »<sup>7</sup>.

On comprend donc que la résilience est un concept très large qui s'applique à de nombreux domaines et possède autant de définitions que de domaines et d'auteurs qui la définissent.

Après avoir été découverte, la résilience a été appliquée à de nombreux systèmes. Ainsi, la thèse « Proposition d'architecture et de processus pour la résilience des systèmes : application aux systèmes critiques à longue durée de vie »<sup>8</sup> propose une série de paramètres et de ressources de la résilience en informatique. Bien que cette thèse ait été rédigée dans la dimension informatique, certains éléments favorisant la résilience peuvent être adaptés à l'architecture.

---

<sup>4</sup> Francis Bacon est un scientifique, un philosophe et un homme d'État anglais (1561-1626)

<sup>5</sup> Boris Cyrulnik est un psychologue et auteur français (1937-)

<sup>6</sup> CYRULNIK, Boris (2005). *Le murmure des fantômes*. Odile Jacob

<sup>7</sup> ANAUT, Marie (2005). *Le concept de résilience et ses applications cliniques*. Recherche en soins infirmiers, 82, 4-11.

<sup>8</sup> RUAUT, Jean-René (2015). *Proposition d'architecture et de processus pour la résilience des systèmes : application aux systèmes critiques à longue durée de vie*. Biomécanique [physics.med-ph]. Université de Valenciennes et du Hainaut-Cambresis



Dans l'article « Le cadre de l'architecture de résilience : quatre archétypes organisationnels »<sup>9</sup>, Elena Mamouni Mimnios indique que la résilience dans le cadre de systèmes informatiques peut être comprise comme une stratégie de défense ou d'attaque face à des problèmes de tous genres. Il en résulte quatre types de résilience : la résilience adaptative, la résilience de transition, la résilience de rigidité et celle de vulnérabilité. Cette approche permet d'établir des liens entre les systèmes informatiques et les structures en architecture. En outre, toujours dans le domaine de l'informatique, on retrouve certains articles qui définissent des contraintes architecturales pour la résilience et la fiabilité des systèmes<sup>10</sup>. Et on trouve déjà l'introduction de certains concepts tels que la robustesse, la redondance et l'adaptabilité<sup>11</sup>. Francis Royce<sup>12</sup> définit aussi la résilience comme ayant trois capacités : adaptation, restauration et absorption.

On trouve également, sur la résilience et les paramètres de la résilience, les articles « Robustness and Resilience of Structures under Extreme Loads »<sup>13</sup> et « A Framework to Quantitatively Assess and Enhance the Seismic Resilience of Communities »<sup>14</sup>. La robustesse de l'architecture, la redondance, la richesse des éléments ainsi que la rapidité des éléments à se remettre des perturbations sont des paramètres qui caractérisent la résilience d'une structure. Les auteurs quantifient ces paramètres et proposent de les mesurer et de les comparer. Ici, c'est la résilience sismique des structures qui est principalement étudiée.

La résilience est donc un concept, un processus, des capacités applicables dans des systèmes divers et variés. Par exemple, « En écologie, [...] ce concept permet d'inscrire les phénomènes d'adaptabilité et d'évolution du système vulnérable dans des trajectoires éventuellement différentes, alors que la science physique astreint la notion de résilience à un état initial »<sup>15</sup>.

Il existe de nombreuses définitions de la résilience en architecture en fonction du contexte dans lequel la résilience est définie. Ainsi, la résilience urbaine est définie en architecture comme la capacité de la ville à utiliser ses ressources lors d'une catastrophe ou d'un évènement de crise. Les définitions sont nombreuses et toutes différentes.

Selon Alexander Hay, « L'architecture résiliente intègre l'échec à la base de sa conception. [...] Il faut se concentrer non pas sur la probabilité d'un danger particulier, mais sur les effets que ce danger peut avoir sur les fonctions, l'infrastructure et les systèmes dont dépend le bâtiment »<sup>16</sup>.

---

<sup>9</sup> MAMOUNI MIMNOS, Elena Alexandra (2014). *Le cadre de l'architecture de résilience : quatre archétypes organisationnels*

<sup>10</sup> LIU, Dong (2009). *Architectural design for resilience*. p. 137-152

<sup>11</sup> MULLER, George (2012). *Fuzzy Architecture Assessment for Critical Infrastructure Resilience*, p 367-372

<sup>12</sup> FRANCIS, Royce (2014). *A metric and frameworks for resilience analysis of engineered and infrastructure systems*

<sup>13</sup> STOCHINO, Flavio (2019). *Robustness and Resilience of Structures under Extreme Loads*

<sup>14</sup> BRUNEAU, Michel (2003). *A Framework to Quantitatively Assess and Enhance the Seismic Resilience of Communities*

<sup>15</sup> CENCI, Jeremy (2017). *Vulnérabilité et Résilience Urbaine*

<sup>16</sup> HAY, Alexander. Professeur au Centre de résilience des infrastructures essentielles à l'Université de Toronto



Les démarches de réhabilitation de sites industriels, de bâtiments et de friches sont nombreuses dans la littérature. Ces dernières années, le public et les architectes s'intéressent de plus en plus au patrimoine industriel et à sa réaffectation. Dans « Reconversions. L'architecture industrielle réinventée »<sup>17</sup> l'auteur expose les différents bâtis et sites industriels classés selon une certaine logique de fonction. Les attitudes possibles par rapport au patrimoine sont les suivantes : la conservation, le façadisme, construire dans l'existant, greffer à l'existant, agir en négatif, le délabrement contrôlé et l'intervention minimaliste. De plus, la réutilisation adaptative définie comme étant « le processus de conversion d'un bâtiment en une fonction qui est sensiblement différente de la fonction d'origine »<sup>18</sup> soutient aussi la réhabilitation de bâtiments et sites industriels.

La résilience d'un site industriel a été abordée notamment dans la thèse de doctorat « La résilience des territoires industriels en mutation : le rôle de la valorisation du patrimoine : étude de cas du bassin transfrontalier sambrien (France – Belgique) »<sup>19</sup>. Dans cette thèse, la résilience consiste à se concentrer sur les éléments du patrimoine industriel qui présentent des valeurs patrimoniales et identitaires. L'auteur évalue au moyen de la résilience territoriale la capacité de reconversion de sites industriels. L'identité et le symbole d'un site industriel<sup>20</sup> sont aussi identifiés comme des facteurs de résilience lors de la réaffectation de ce site.

La réutilisation adaptative est aussi définie comme expression de la résilience des bâtiments industriels dans « Adaptive reuse of industrial heritage : Resilience or irreparable loss? »<sup>21</sup>. Et dans « Perspectives of resilience for the abandoned industrial areas »<sup>22</sup>, la résilience est aussi envisagée pour la revalorisation des sites industriels abandonnés.

La réhabilitation des sites et bâtiments industriels associée à d'autres méthodologies a déjà été envisagée dans plusieurs mémoires. Certains abordent le sujet par la forme et la fonction<sup>23</sup> et d'autres par l'ombre et la lumière<sup>24</sup>. Ces différentes approches tentent d'identifier des hypothèses de méthodologie de réhabilitation d'un patrimoine industriel.

Il manque donc une définition claire de la résilience en architecture qui peut être comprise par tout le monde ainsi que l'identification des éléments résilients. La proposition de définition présentée dans ce travail de fin d'études tente de comprendre la résilience appliquée au bâti industriel. Ce travail va donc prendre la résilience comme porte d'entrée et principe conceptuel d'intervention pour la réhabilitation de bâti industriel.

---

<sup>17</sup> REAL, Emmanuelle (2015). *Reconversions. L'architecture industrielle réinventée*

<sup>18</sup> FATEMEH H. Arfa, Z. H., L. B. & Q. W. (2022). *Adaptive Reuse of Heritage Buildings : From a Literature Review to a Model of Practice*, *The Historic Environment: Policy & Practice*, 13:2, 148-170

<sup>19</sup> CENCI, Jeremy (2015). *La résilience des territoires industriels en mutation : le rôle de la valorisation du patrimoine : étude de cas du bassin transfrontalier sambrien (France – Belgique)*

<sup>20</sup> CENCI, Jeremy (2018). *From Factory to Symbol: Identity and Resilience in the Reuse of Abandoned Industrial Sites of Belgium*, *The Historic Environment: Policy & Practice*, 9:2, 158-174

<sup>21</sup> YONEY, N (2016). *Adaptive reuse of industrial heritage : Resilience or irreparable loss?*

<sup>22</sup> PROTOMASTRO, Francesca Paolo (2022). *Perspectives of resilience for the abandoned industrial areas*

<sup>23</sup> DELLA TORRE, Eugenio (2021). *Friche industrielle : Forme fonction à devenir ? Le besoin génère une forme, mais que ce passe t'il quand la fonction part et reste seulement la forme ?*

<sup>24</sup> PECQUET, Barbara (2012). *De l'ombre à la lumière... La réhabilitation des bâtiments de l'ère industrielle en bâtiments à vocation artistique : le cas des halles*



## MÉTHODOLOGIE

Notre objectif est donc de comprendre la résilience en architecture et de l'utiliser comme porte d'entrée pour la réhabilitation du bâti industriel abandonné. Pour répondre à cette problématique de réhabilitation, la recherche s'organise en plusieurs étapes. Pour commencer il est indispensable de comprendre la résilience en architecture, ses enjeux, ses ressources et ses paramètres. Dans un deuxième temps, il faut identifier le bâti industriel dont il est question et identifier clairement les enjeux et les indicateurs de résilience de ce bâti. Enfin, il s'agit de proposer une méthode d'intervention résiliente sur le bâti industriel.

Le premier chapitre propose une définition de la résilience en architecture. Ensuite, sont développées les deux capacités de la résilience en architecture. Pour bien comprendre la résilience et les enjeux de celle-ci, les différentes ressources et paramètres interdépendants de la résilience sont explicités. Ces propositions de définitions donnent lieu à une compréhension de la résilience en architecture.

Le second chapitre met en évidence le contexte et détermine les bâtiments et sites industriels qui font l'objet de la recherche. Les différentes composantes du bâti industriel mises en évidence permettent d'identifier en quoi elles sont plus ou moins résilientes. L'identification des différents changements que l'architecture industrielle a subis permet de révéler quels sont les éléments résilients d'un site industriel. Enfin, les valeurs patrimoniales du bâti industriel en regard de la résilience permettent d'orienter ou non l'hypothèse de méthodologie d'intervention de réhabilitation.

Le dernier chapitre propose une hypothèse de méthodologie d'intervention résiliente sur un bâti industriel. Cette démarche s'articule en trois étapes. La première est la méthode des 3R (réduction, réutilisation et recyclage des matériaux de construction). La deuxième étape est la mise en évidence d'une série d'éléments résilients au regard de leur structure et de leurs matériaux. Ces éléments sont regroupés en cinq familles : les infrastructures, les sols, les structures, les enveloppes et les équipements et cavités. La troisième et dernière étape de cette proposition méthodologique nous amènera à distinguer deux modes d'interventions résilients : l'ajout de nouveaux volumes et la construction dans l'existant.



**PARTIE I : RÉSILIENCE DU BÂTI INDUSTRIEL :  
HYPOTHÈSE D'INTERVENTION RÉSILIENTE  
COMME VECTEUR DE RÉHABILITATION DU  
PATRIMOINE**

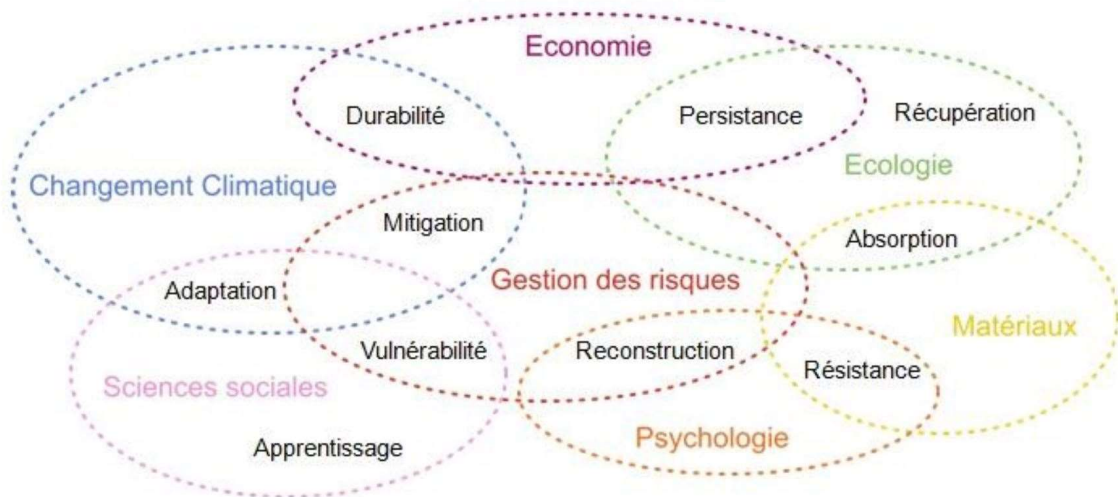


Figure 1 © Ce que la résilience n'est pas, ce qu'on veut lui faire dire

# 1. Paramètres de la résilience en architecture

Dans un premier temps, la résilience en architecture est définie théoriquement sur base des connaissances générales<sup>25</sup> de la résilience d'un système. La résilience est un concept pluridisciplinaire (Figure 1). La résilience en architecture s'inscrit dans cette définition pluridisciplinaire et englobe un certain nombre de capacités et de dimensions.

« Pour être résilient, un système se doit d'être à la fois redondant, diversifié et efficace ; autonome et dans une démarche collaborative ; fort, flexible et adaptable ; capable d'apprendre du passé et de faire face aux incertitudes du futur »<sup>26</sup>

Dans ce travail, la résilience en architecture sera définie selon deux capacités : la résistance et l'adaptabilité. Cette résilience dépend d'un certain nombre de ressources qui la favorisent. Les paramètres interdépendants ou dimensions de la résilience sont des principes associés à la résilience qui la définissent. Ces paramètres interdépendants sont des principes de conceptions architecturales qui sont associés à la résilience et qui sont englobés dans la résilience. Ce premier chapitre est principalement théorique. Ces différentes définitions et explications constituent la base des chapitres suivants qui développent des enjeux propres aux bâtiments industriels étudiés ainsi qu'une hypothèse de méthodologie.

## 1.1. La résilience en architecture

### 1.1.1. Hypothèse de définition :

En psychologie, la résilience décrit la capacité d'un Homme à se relever, à rebondir après un traumatisme et à retrouver un état stable<sup>27</sup>. Cette définition a été utilisée et adaptée à l'architecture et aux capacités d'une architecture à posséder un certain nombre de ressources pour se reconstruire après la ruine ou l'abandon des activités sur un site. Pour bien comprendre ce qu'est la résilience, il faut repartir d'une hypothèse de définition simple et claire :

La résilience en architecture, c'est la capacité de cette architecture à offrir une structure résistante et des espaces adaptables à des changements d'usages<sup>28</sup>.

La réhabilitation d'un site industriel est un processus complexe qui nécessite une approche intégrée pour minimiser les impacts négatifs sur l'environnement et les communautés locales. La résilience du site industriel joue donc un rôle crucial dans sa capacité à s'adapter à ces changements et à résister aux pressions externes. La résilience d'un site industriel est donc définie selon ces deux capacités d'adaptabilité et de résistance.

---

<sup>25</sup> Les connaissances générales font référence à l'état de l'art et l'ensemble des connaissances sur la résilience

<sup>26</sup> DJAMENT-TRAN, Géraldine, Le Blanc A., Lhomme S., Rufat S., Reghezza-Zitt M. (2011). *Ce que la résilience n'est pas, ce qu'on veut lui faire dire*. P. 14 (hal-00679293)

<sup>27</sup> Selon CYRULNIK, Boris., & Seron, C. (2004). *La résilience ou comment renaitre de sa souffrance*. Fabert, coll. Penser le monde de l'enfant

<sup>28</sup> Définition issue d'un travail de recherche par groupe sur la résilience dans le cadre du cours LBARC 2237 à l'UCLouvain en 2023 © Dubois-Jacquemin-Kozyreff

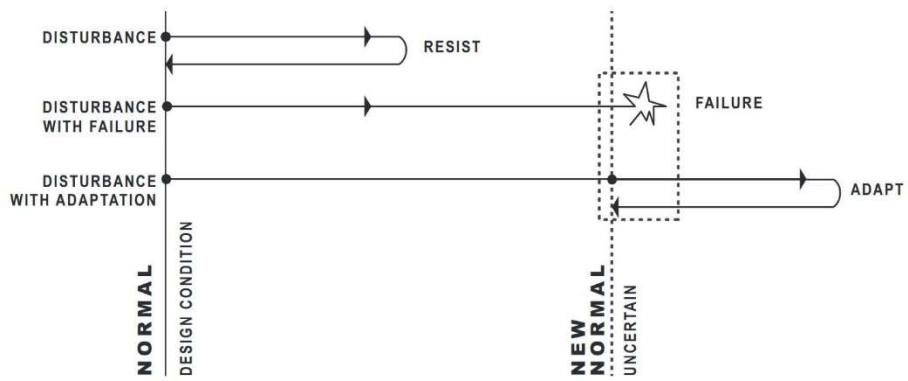


Figure 2 © Michelle Laboy et David Fannon

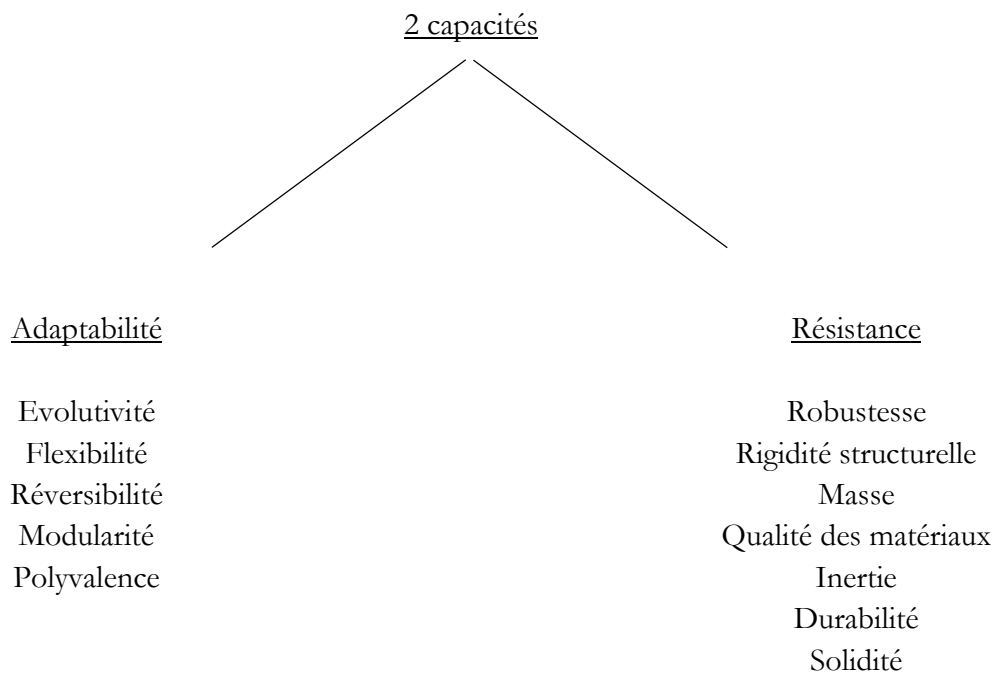


Figure 3 © Production personnelle

### 1.1.2. Les deux capacités de la résilience :

Un bâtiment peut avoir plusieurs vies et peut passer par différentes étapes et différents stades d'occupation. Ces étapes définissent les différentes vies d'un bâtiment. Ce sont les capacités plus ou moins grandes d'un bâtiment à passer par ces étapes qui définissent sa résilience. Ainsi, la résilience repose sur deux capacités : la résistance et l'adaptabilité (**Erreur ! Source du renvoi introuvable.**).

La résistance est la capacité d'une architecture à résister aux perturbations, qu'elles soient naturelles ou anthropiques, et à maintenir sa forme. L'adaptabilité, quant à elle, est la capacité d'une architecture à s'adapter aux perturbations, à évoluer pour répondre à de nouvelles fonctions. Les deux capacités sont complémentaires et interdépendantes<sup>29</sup>, et doivent être prises en compte dans la réhabilitation d'un site industriel.

La résistance comprend dans sa capacité à maintenir une forme notamment la robustesse, la rigidité structurelle, la masse, la qualité des matériaux, l'inertie, la durabilité et la solidité. L'adaptabilité dans sa capacité à maintenir des fonctions comprend l'évolutivité, la flexibilité, la réversibilité, la modularité et la polyvalence (Figure 3).

Certains auteurs distinguent la résilience statique et la résilience dynamique<sup>30</sup>. Le rapprochement avec la résilience territoriale pourrait être fait :

« La résilience territoriale désigne, d'une part, cette aptitude qu'ont certains territoires à générer en leur sein (auto-organisation) des capacités de résistance [...] leur permettant ainsi de maintenir ou de retrouver les bases de leur développement et de leur spécificité face à des chocs plus ou moins brutaux. On dit alors que ces territoires acquièrent une résilience statique [...]. La notion de résilience désigne, d'autre part, la capacité de certains territoires à inventer et à déployer de nouvelles ressources [...] leur permettant de bifurquer et ainsi de s'insérer avantageusement dans une dynamique (vertueuse) de transformation impulsée par l'évolution de leur environnement. On dit alors que ces territoires développent une résilience dynamique »<sup>31</sup>

Ainsi, la capacité de résistance d'une architecture pourrait être vue comme étant de la résilience statique. L'architecture, la structure, les matériaux résistent aux changements de manière statique. Alors que la capacité d'adaptabilité d'une architecture pourrait être vue comme étant de la résilience dynamique. L'architecture et ses espaces s'adaptent aux changements de manière dynamique.

---

<sup>29</sup> BRUNEAU, Michel (2003). *A Framework to Quantitatively Assess and Enhance the Seismic Resilience of Communities*

<sup>30</sup> ZUINDEAU, Bertrand (2012). *Développement durable et territoire*. La Mondialisation et résilience des territoires – Trajectoires, dynamiques d'acteurs et expériences, Québec, Presses de l'Université du Québec, 2012

<sup>31</sup> HAMDOUCH, Abdelillah, DEPRET M-H. et TANGUY C. (dir.) (2012). *La Mondialisation et résilience des territoires – Trajectoires, dynamiques d'acteurs et expériences*, Québec, Presses de l'Université du Québec, p.4



La résistance est souvent associée à la robustesse et à la redondance des équipements et des processus, ainsi qu'à la capacité du site à résister aux chocs et aux perturbations externes. Cette capacité est importante pour garantir la continuité des opérations et minimiser l'impact des perturbations sur l'architecture. Cependant, la résistance à elle seule ne suffit pas pour assurer la résilience à long terme d'un site industriel réhabilité<sup>32</sup>.

L'adaptabilité est tout aussi importante que la résistance pour garantir la résilience d'une architecture. L'adaptabilité est la capacité à s'ajuster aux perturbations, à modifier les processus et les équipements pour répondre aux nouveaux défis, à innover et à apprendre de l'expérience. L'adaptabilité est donc une capacité proactive, qui permet au site industriel de s'ajuster aux changements environnementaux et économiques, et de continuer à évoluer de manière durable<sup>33</sup>.

La résilience d'une architecture repose donc sur la combinaison de la résistance et de l'adaptabilité. La résistance est importante pour garantir la continuité de la stabilité des structures et équipements et minimiser l'impact des perturbations externes. L'adaptabilité est tout aussi importante pour permettre à l'architecture de s'ajuster aux changements environnementaux et économiques, et de continuer à évoluer de manière durable. La prise en compte de ces deux capacités est donc essentielle pour garantir la résilience à long terme d'un site industriel lors de sa réhabilitation.

---

<sup>32</sup> SHEARD Sarah, MOSTASHARI Ali (2008). *A Framework for System Resilience Discussions*. INCOSE International Symposium 18(1)

<sup>33</sup> BRUNETTE, Lucas (2020). *L'architecture adaptable, entre mutabilité et identité*

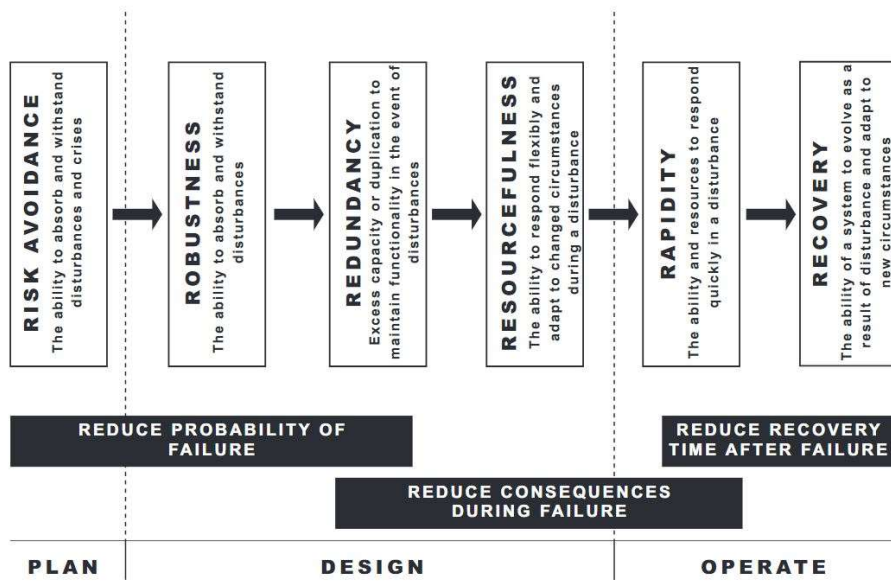


Figure 4 © Michelle Laboy et David Fannon

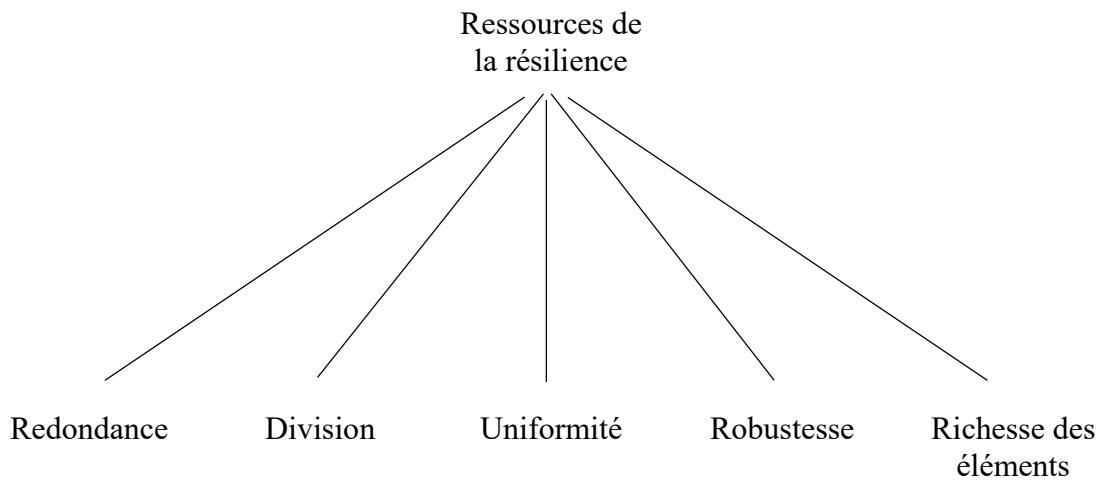


Figure 5 © Production personnelle

## 1.2. Les ressources de la résilience

Dans plusieurs domaines et notamment en architecture, l'identification de ressources de la résilience sont proposées. Par exemple, l'écologie résiliente propose six ressources<sup>34</sup> (Figure 4). Le présent travail propose l'identification de cinq ressources qui augmentent la capacité résiliente d'une architecture. Ces ressources sont des éléments de structures et des principes de composition architecturale. On trouve la redondance, la division, l'uniformité, la robustesse et la richesse des éléments (Figure 5).

La redondance se réfère à la présence d'éléments d'architectures similaires tels que des éléments de structure ou des typologies de bâtiment. La division implique la séparation des bâtiments et éléments structuraux pour minimiser l'impact des perturbations sur l'ensemble d'une architecture. L'uniformité fait référence à la cohérence architecturale et à la normalisation des équipements sur un site ou dans un bâtiment. La robustesse se rapporte à la capacité d'une architecture à résister aux perturbations et à maintenir ses fonctions clés. Enfin, la richesse des éléments se rapporte à la diversité des ressources architecturales disponibles pour assurer la résilience d'une architecture<sup>35</sup>.

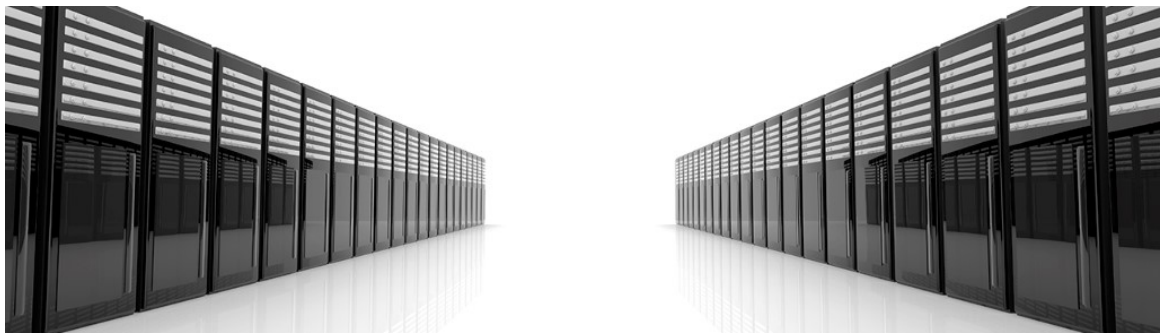
La réhabilitation d'un site industriel doit donc prendre en compte les ressources nécessaires pour assurer sa résilience. La redondance, la division, l'uniformité, la robustesse et la richesse des éléments doivent être pris en compte pour assurer la résilience à long terme d'un site industriel réhabilité. En utilisant ces ressources de manière stratégique, il est possible de garantir la continuité des opérations, de minimiser les impacts des perturbations et de garantir la durabilité environnementale et sociale à long terme du site<sup>36</sup>.

---

<sup>34</sup> LABOY, Michelle, Fannon, D. (2016). *Resilience Theory and Praxis: a Critical Framework for Architecture*

<sup>35</sup> BRUNEAU, Michel (2003). *A Framework to Quantitatively Assess and Enhance the Seismic Resilience of Communities*

<sup>36</sup> MAMOUNI MIMNIOS, Elena Alexandra (2014). *The Resilience Architecture Framework: Four organizational archetypes*



*Figure 6 © B&R Industrial Automation GmbH*

### 1.2.1. La redondance

En architecture, la redondance est définie comme une ressource importante pour la résilience<sup>37</sup> d'un site industriel lors de sa réhabilitation, car elle permet d'assurer la continuité d'activités et la sécurité des occupants en cas de défaillance ou de panne d'un système, de structures ou d'un équipement critique. En effet, la redondance est le fait de trouver plusieurs typologies ou fonctions similaires dans un espace donné<sup>38</sup>. La redondance en architecture implique la duplication de systèmes architecturaux ou d'équipements identiques ou similaires pour assurer une fonction donnée (Figure 6).

Pour garantir la résilience d'un site industriel, il pourrait y avoir plusieurs sources d'énergie électrique, des systèmes de refroidissement en double ou en triple, ou des équipements de sécurité redondants. En cas de panne d'un équipement ou d'un système, un autre peut prendre le relais et assurer la continuité des activités. La redondance en architecture peut également garantir la sécurité des occupants en évitant les accidents liés à la défaillance d'un équipement.

Par ailleurs, la redondance d'éléments de structure permet de maintenir la stabilité globale du bâtiment en cas de ruine d'un de ces éléments. Ainsi, les éléments de structure tels que les fermes, les poteaux ou les poutres présents en nombre suffisant sur un site industriel permettent de garantir la stabilité générale des bâtiments même lors de dommages d'origine humaine ou naturelle. Cela offre au site un caractère résilient de résistance. La duplication d'éléments de structure ou de typologies de bâtiment sur un site industriel permet aussi d'utiliser et de modifier certains éléments sans pour autant toucher à d'autres éléments. Cela offre au site un caractère résilient d'adaptabilité.

En somme, sur un site industriel, la redondance des types de structure ou d'équipements permet de prévenir la ruine et de l'éviter dans le cas où un élément de structure ou un bâtiment n'est plus utilisé ou utilisable. La présence de structures complètes et de bâtiments similaires sur le site permet d'en conserver ou utiliser certains lorsque d'autres sont en état de ruine. Sur les sites industriels, on trouve souvent une similarité de bâtiments, de structures, d'infrastructures et d'équipements. Cette duplication permet au site d'être résilient.

---

<sup>37</sup> UNGAR, Michael (2018). *Systemic resilience: principles and processes for a science of change in contexts of adversity*

<sup>38</sup> LIU, Dong, Zang, W., Deters, R. (2009). *Architectural design for resilience*. p. 137-152. p.5

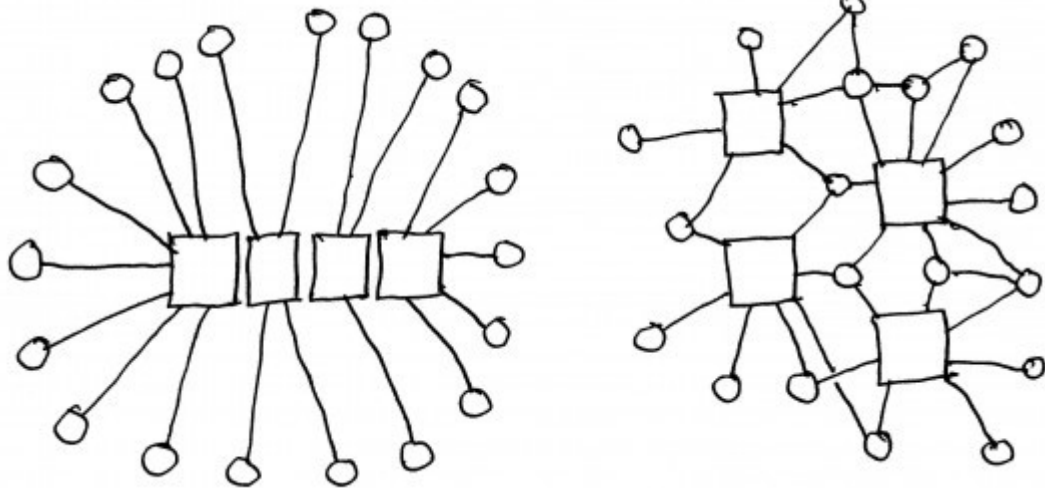


Figure 7 © Nikos A. Salingaros - metropolismag.com

### 1.2.2. La division

La division de l'ensemble architectural est une ressource importante de la résilience<sup>39</sup> d'un site industriel lors de sa réhabilitation car elle permet de limiter les impacts des incidents ou des catastrophes sur l'ensemble du site. En effet, « La partition permet d'isoler les défaillances partielles, ce qui est essentiel pour la résilience »<sup>40</sup>.

La division de l'ensemble architectural consiste à diviser le site ou le bâtiment en plusieurs zones, chacune étant conçue pour remplir une fonction spécifique (Figure 7). Une zone ou partie du bâtiment peut être dédiée à la production, une autre à la maintenance, une autre encore à l'entreposage des matières premières et des produits finis. Cette division permet de limiter les risques de propagation des incidents ou des catastrophes d'une zone à l'autre.

En cas de ruine ou de catastrophe, la division de l'ensemble architectural permet d'isoler la zone touchée et de continuer à faire fonctionner les autres zones. Par exemple, si un incendie se déclare dans une zone ou dans un bâtiment, il est possible d'isoler cette zone en coupant les accès et en déclenchant les systèmes de sécurité pour éviter la propagation du feu aux autres zones. Les activités pourront ainsi continuer dans les autres zones du site ou du bâtiment. En outre, la division augmente la stabilité de l'architecture. Lorsqu'un élément structurel devient un point critique ou une ruine, il n'affecte pas les autres. Le caractère résistant de la résilience est donc augmenté.

La division de l'ensemble architectural permet également une réduction des coûts en cas de réhabilitation ou de modernisation. En effet, chaque zone peut être modernisée ou réhabilitée indépendamment des autres zones, ce qui permet de minimiser les impacts sur les autres zones et d'éviter une interruption totale des activités ou une réhabilitation totale obligatoire. Le caractère adaptable de résilience est ainsi augmenté.

En somme, la division de l'ensemble architectural est une ressource importante de la résilience d'un site industriel lors de sa réhabilitation car elle permet de limiter les impacts des incidents ou des catastrophes sur l'ensemble du site, d'isoler les zones touchées et de continuer à faire fonctionner les autres zones. Elle permet également une réduction des coûts en cas de réhabilitation ou de modernisation.

---

<sup>39</sup> DJAMENT-TRAN, Géraldine, Le Blanc A., Lhomme S., Rufat S., Reghezza-Zitt M. (2011). *Ce que la résilience n'est pas, ce qu'on veut lui faire dire*. P. 14 {hal-00679293}

<sup>40</sup> LIU, Dong, Zang, W., Deters, R. (2009). *Architectural design for resilience*. p. 137-152. p.7



*Figure 8 © liberation.fr*

### 1.2.3. L'uniformité

L'uniformité d'une architecture correspond au fait qu'il n'y a que très peu de variations dans sa construction et que son aspect reste globalement le même (Figure 8). Elle permet à l'ensemble architectural de continuer à fonctionner ou de s'adapter malgré une défaillance d'une structure partielle. L'uniformité est favorable à la réutilisabilité et la stabilité d'un site industriel lors de sa réhabilitation. L'uniformité « améliore l'évolutivité, la réutilisation et la fiabilité d'un système basé sur un réseau »<sup>41</sup>.

D'une part, l'uniformité peut être bénéfique car elle permet de conserver l'identité visuelle d'un site et de préserver son caractère historique. Cela peut être important pour les communautés locales, qui peuvent s'identifier au site en tant que symbole de leur passé industriel et culturel. L'uniformité peut faciliter la réutilisation du site pour des activités industrielles ou commerciales, car il peut y avoir une certaine cohérence dans les exigences de construction ou les infrastructures nécessaires. Par ailleurs, si l'ensemble architectural est uniforme, cela peut faciliter la résilience en permettant une utilisation flexible et adaptative des différents éléments du site pour répondre aux besoins changeants des utilisateurs et de l'environnement.

D'autre part, l'uniformité peut également être un obstacle à la réhabilitation d'un site industriel, en particulier si les bâtiments sont vieillissants ou en mauvais état. Si les bâtiments sont tous identiques et que leur état est détérioré, il peut être difficile de les rénover individuellement sans perdre l'aspect homogène de l'ensemble. Cela peut rendre la réhabilitation plus coûteuse et plus complexe, ce qui risque de décourager les investisseurs potentiels.

L'uniformité de l'ensemble architectural est tantôt une ressource, tantôt un obstacle selon les circonstances, et chaque cas doit être étudié individuellement pour déterminer la meilleure stratégie de réhabilitation.

---

<sup>41</sup> LIU, Dong, Zang, W., Deters, R. (2009). *Architectural design for resilience*. p. 137-152. p.10



Figure 9 © toureiffel.paris



Figure 10 © vestigesdeguerre.over-blog.fr

#### 1.2.4. La robustesse

La robustesse est une ressource de la résilience car elle offre une résistance aux perturbations<sup>42</sup>. Elle est une ressource importante pour la résilience d'un site industriel lors de sa réhabilitation, car elle permet au site de résister aux chocs et de s'en remettre rapidement. La robustesse peut se manifester de plusieurs façons lors de la réhabilitation d'un site industriel.

Tout d'abord, un site industriel robuste est capable de résister à des perturbations extérieures, telles que des catastrophes naturelles, des accidents ou des crises économiques. Par exemple, un site industriel doté d'infrastructures solides et résistantes est plus à même de faire face aux inondations ou aux tempêtes. La robustesse peut contribuer à améliorer la résistance du site aux perturbations naturelles et anthropiques, en fournissant des alternatives et des options pour la récupération des fonctions critiques<sup>43</sup>.

En outre, la robustesse peut également faciliter la réhabilitation d'un site industriel en permettant une réutilisation rapide après des perturbations. Si un site industriel est équipé d'infrastructures modulaires et facilement remplaçables, il peut être rapidement remis en service après une perturbation, sans qu'il soit nécessaire de déployer des efforts importants pour reconstruire l'ensemble du site.

La robustesse est fonction des matériaux et de leur mise en œuvre sur le site. Les structures en acier (Figure 9) ou en béton (Figure 10) sont par exemple extrêmement robustes. Les structures d'un site industriel sont dimensionnées pour supporter des charges et des efforts importants. La robustesse des éléments permet de réhabiliter le site industriel pour un usage similaire ou différent en se basant sur des éléments de structure conçus pour reprendre de fortes charges.

Cependant, la robustesse ne doit pas être considérée comme une ressource suffisante à elle seule<sup>44</sup>. Les facteurs économiques, environnementaux et sociaux ainsi que les autres ressources indispensables présentées dans ce chapitre peuvent également jouer un rôle crucial dans la résilience d'un site industriel lors de sa réhabilitation. Par conséquent, il est important de prendre en compte tous ces facteurs lors de la planification de la réhabilitation d'un site industriel afin de maximiser sa résilience.

---

<sup>42</sup> ARGYROUDIS, Sotirios. A., Mitoulis, S. A., Hofer, L., Zanini, M. A., Tubaldi, E., & Frangopol, D. M. (2020). *Resilience assessment framework for critical infrastructure in a multi-hazard environment: Case study on transport assets*. Science of The Total Environment, 714, 136854

<sup>43</sup> BRUNEAU, Michel (2003). *A Framework to Quantitatively Assess and Enhance the Seismic Resilience of Communities*

<sup>44</sup> STOCHINO, Flavio (2019). *Robustness and Resilience of Structures under Extreme Loads*



*Figure 11 © Denis Couchaux*

### 1.2.5. La richesse des éléments

La richesse des éléments architecturaux peut être une ressource importante pour la résilience d'un site industriel lors de sa réhabilitation<sup>45</sup>. En effet, la richesse des éléments dans un système permet la résilience<sup>46</sup>. Plus un site sera riche de différents éléments, de différentes typologies, plus il sera résilient (Figure 11). Comme on entend la résilience par de l'adaptabilité et de la résistance, la pluralité de différents éléments constructifs augmente la capacité de l'ensemble architectural à s'adapter et à résister.

En effet, la présence de ces éléments peut donner une identité unique au site et le rendre plus attractif pour les investisseurs et les utilisateurs potentiels. Les éléments architecturaux peuvent inclure des détails décoratifs, des caractéristiques architecturales uniques, des structures en acier ou en béton, des fenêtres et des portes, ainsi que des éléments fonctionnels tels que des ponts roulants et des cheminées. La préservation et la mise en valeur de ces éléments peuvent aider à créer un sentiment d'appartenance à la communauté locale et à maintenir l'histoire et la culture de l'industrie.

De plus, la richesse et la diversité des éléments architecturaux et des typologies structurelles peut également faciliter la réhabilitation d'un site industriel en offrant des opportunités pour une utilisation créative des espaces existants. Par exemple, les anciennes structures de béton peuvent être transformées en murs de soutènement pour un parc public ou en scènes pour des spectacles, tandis que les cheminées peuvent être converties en œuvres d'art ou en points d'observation.

Cependant, la richesse des éléments architecturaux peut également présenter des défis pour la réhabilitation d'un site industriel. Si les bâtiments ont été conçus de manière complexe ou s'ils contiennent des matériaux toxiques, cela peut rendre la réhabilitation plus difficile et plus coûteuse. Il est donc important de prendre en compte tous ces facteurs lors de la planification de la réhabilitation d'un site industriel afin de maximiser sa résilience.

---

<sup>45</sup> LABOY, Michelle, Fannon, D. (2016). *Resilience Theory and Praxis: a Critical Framework for Architecture*

<sup>46</sup> ARGYROUDIS, Sotirios. A., Mitoulis, S. A., Hofer, L., Zanini, M. A., Tubaldi, E., & Frangopol, D. M. (2020). *Resilience assessment framework for critical infrastructure in a multi-hazard environment: Case study on transport assets*. *Science of The Total Environment*, 714, 136854

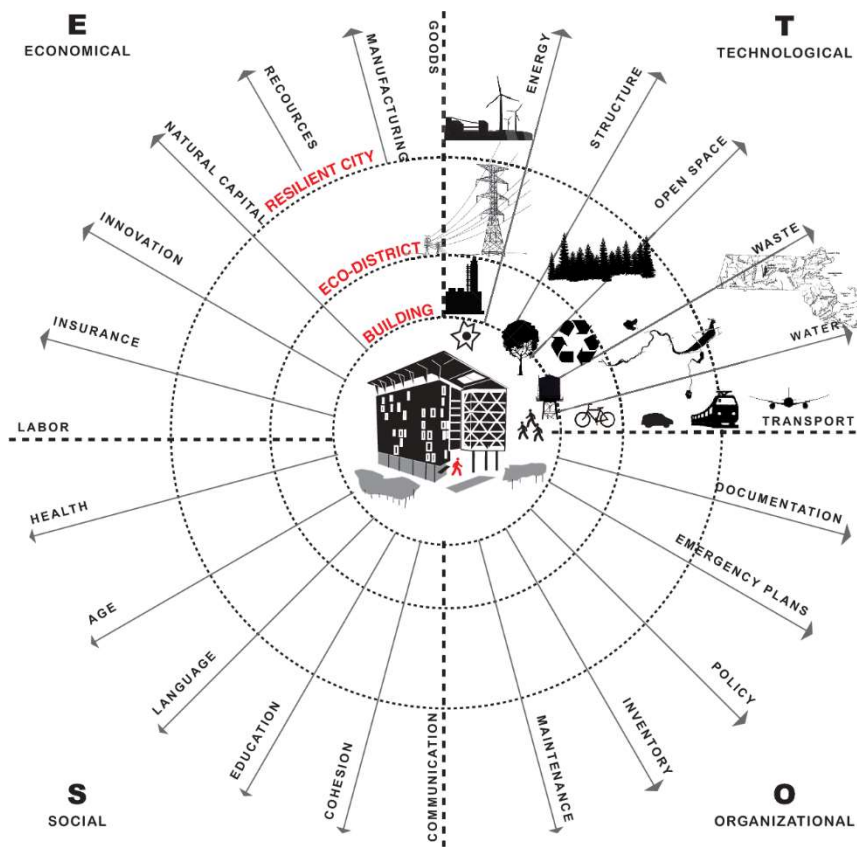


Figure 12 © Michelle Laboy et David Fannon

Paramètres interdépendants de la résilience

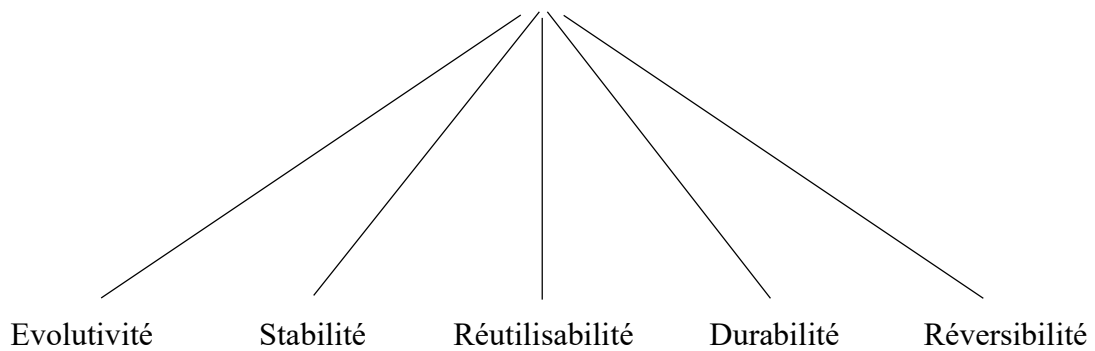


Figure 13 © Production personnelle

### 1.3. Les paramètres interdépendants de la résilience

Afin de définir comment s'exprime la résilience en architecture, nous avons identifié une série de paramètres interdépendants<sup>47</sup>. La résilience écologique pour un bâtiment pourrait être ainsi définie (Figure 12). La réhabilitation d'un bâti industriel est un processus complexe qui doit prendre en compte un certain nombre de paramètres interdépendants de la résilience. Ces paramètres interdépendants sont des dimensions de la résilience<sup>48</sup>. Ce chapitre propose pour la résilience en architecture les paramètres suivants : l'évolutivité, la stabilité, la réutilisabilité, la durabilité et la réversibilité (Figure 13).

L'évolutivité se réfère à la capacité de l'architecture à s'adapter aux changements futurs, tels que les modifications de l'utilisation ou les exigences réglementaires. La stabilité se rapporte à la capacité de l'architecture à résister aux perturbations naturelles et anthropiques, telles que les tempêtes, les inondations ou les incendies. La réutilisabilité se rapporte à la capacité de l'architecture à être réutilisée pour d'autres fins une fois que la production initiale a cessé. La durabilité permet à l'architecture de s'inscrire dans le temps, c'est-à-dire de traverser les époques en maintenant sa présence, tout en limitant les impacts négatifs sur son environnement. Enfin, la réversibilité fait référence à la capacité de l'architecture et de ses différents éléments à pouvoir être modifié ou démonté sans destruction.

La résilience d'un site industriel dépend de la manière dont ces paramètres interdépendants sont gérés pendant la réhabilitation. Ces paramètres peuvent servir ou s'opposer au processus de résilience. La réhabilitation d'un site industriel est donc un processus complexe qui nécessite une gestion adéquate des paramètres interdépendants de la résilience. L'évolutivité, la stabilité, la réutilisabilité, la durabilité et la réversibilité sont tous des éléments importants à prendre en compte pour assurer la résilience à long terme d'un site industriel. En veillant à ce que ces paramètres soient gérés de manière appropriée, il est possible d'améliorer la résilience du site et de garantir sa durabilité environnementale et sociale à long terme.

---

<sup>47</sup> MULLER, George (2012). *Fuzzy Architecture Assessment for Critical Infrastructure Resilience*, p 367-372

<sup>48</sup> LIU, Dong, Zang, W., Deters, R. (2009). *Architectural design for resilience*. p. 137-152. p.2

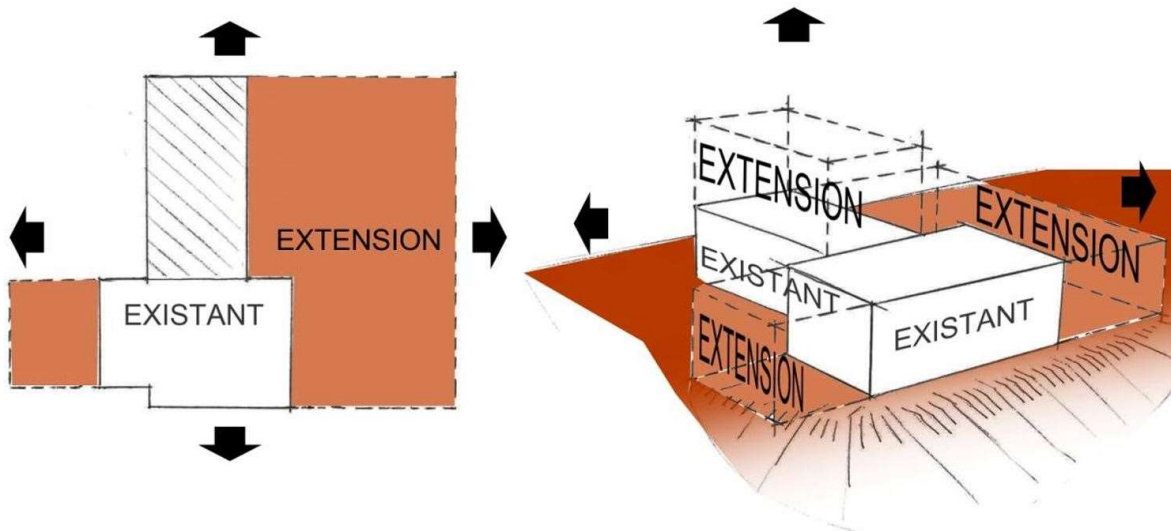


Figure 14 © XB Architectes

### 1.3.1. L'évolutivité

L'évolutivité se réfère à la capacité du site à s'adapter à de nouveaux besoins et à de nouvelles exigences en fonction de l'évolution des conditions économiques, sociales, environnementales et/ou architecturales. L'apport bénéficie à la résilience, car le site dispose d'une capacité à conserver un certain état, même à travers le rajout<sup>49</sup>.

Lors de la réhabilitation d'un site industriel, l'évolutivité est un facteur important à prendre en compte car elle peut avoir un impact significatif sur la résilience du site. Si le site n'est pas évolutif, il peut devenir obsolète ou inadapté aux nouveaux besoins et aux nouvelles technologies, ce qui peut empêcher ou retarder la réutilisation productive du site.

En outre, l'évolutivité peut affecter la rentabilité du site. Si le site est conçu pour être évolutif, il peut être utilisé de manière productive pendant une période plus longue, ce qui contribue à sa rentabilité et à sa durabilité. Enfin, l'évolutivité est également importante pour la résilience du site face aux chocs et aux perturbations économiques et environnementales. Un site évolutif peut être plus facilement adapté aux changements économiques et environnementaux, ce qui contribue à sa capacité à résister et à se rétablir de ces chocs.

Un site industriel est évolutif horizontalement ou verticalement (Figure 14). L'évolutivité verticale est plus résiliente que l'évolutivité horizontale. Les modes de conception de bâtiments industriels permettent de l'évolutivité horizontale. En juxtaposant un volume, une structure à côté de volumes existants, le site permet de l'adaptabilité et donc de la résilience. Dans ce cas, on parle d'évolutivité horizontale.

Lorsque la structure d'un bâtiment permet l'évolutivité verticale, en rajoutant des volumes verticalement sur des structures existantes, le site est résilient en termes de résistance et d'adaptabilité. La résistance des matériaux et le mode de construction de ceux-ci permettent des ajouts. Cela rend le bâtiment ou le site résilients. Dans ce cas, on parle d'évolutivité verticale.

En somme, l'évolutivité est un paramètre interdépendant de la résilience d'un site industriel lors de sa réhabilitation, car elle garantit que le site peut s'adapter aux nouveaux besoins et aux nouvelles exigences architecturales. L'évolutivité permet également d'assurer la rentabilité et la durabilité du site en permettant une utilisation productive à long terme et en le rendant plus résistant aux chocs économiques et environnementaux

---

<sup>49</sup> LIU, Dong, Zang, W., Deters, R. (2009). *Architectural design for resilience*. p. 137-152. p.3

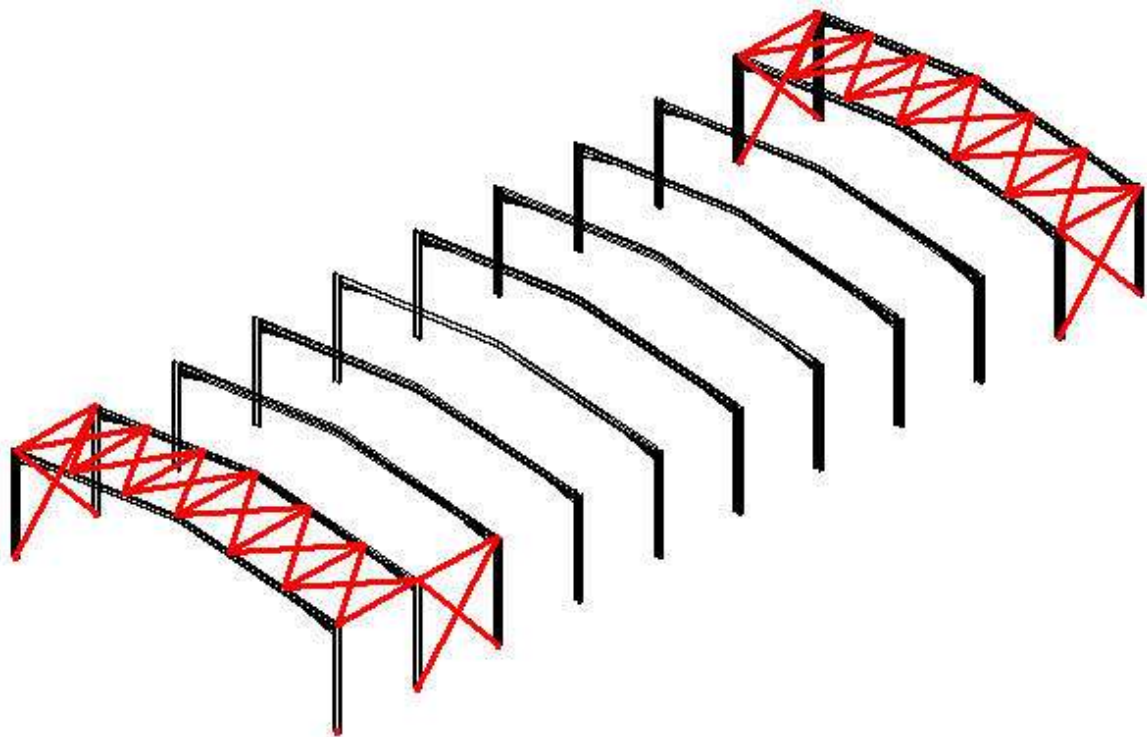


Figure 15 © graitec.com

### 1.3.2. La stabilité

La stabilité du site ou d'un bâtiment se réfère à sa capacité à résister aux contraintes physiques, chimiques et environnementales auxquelles il est exposé. La stabilité est donc étroitement liée à la durabilité et à la réutilisabilité du site, car si le site n'est pas stable, il peut être difficile, voire impossible, de le réutiliser de manière productive.

La stabilité des structures et de tous les éléments qui constituent l'architecture du site industriel est un paramètre utile au processus de résilience du site. Des éléments stables favorisent la résilience. La stabilité est augmentée par la redondance et la robustesse des structures dans un site industriel quand on trouve des grandes halles avec des fermes (Figure 15). De la même façon, le système de poteaux poutre est résilient. Grâce à la redondance et la robustesse des éléments, le système architectural possède une certaine stabilité.

Lors de la réhabilitation d'un site industriel, la stabilité est un facteur important car elle peut avoir un impact significatif sur la résilience du site. Si le site n'est pas stable, il est plus vulnérable aux catastrophes naturelles telles que les tremblements de terre, les glissements de terrain, les inondations ou les tempêtes. Ces événements sont susceptibles d'endommager ou détruire les bâtiments, les infrastructures et les équipements, ce qui risque d'empêcher ou retarder la réutilisation productive du site.

En outre, la stabilité peut également affecter la santé et la sécurité des travailleurs et des résidents du site. Si le site n'est pas stable, les risques de blessures ou de décès dus à des effondrements, des fuites toxiques ou d'autres accidents sont plus élevés.

Enfin, la stabilité est importante pour la durabilité du site. Si le site est conçu pour être stable et résistant aux contraintes physiques et environnementales, il peut être utilisé de manière productive pendant une période plus longue, ce qui contribue à sa durabilité.

En somme, la stabilité est un paramètre interdépendant de la résilience d'un site industriel lors de sa réhabilitation, car elle garantit que le site peut résister aux contraintes physiques, chimiques et environnementales auxquelles il est exposé. La stabilité permet également d'assurer la sécurité des occupants du site et de contribuer à la durabilité du site en permettant une utilisation productive à long terme.

Sous la direction de  
**Solène MARRY**

# Intégrer l'économie circulaire



Figure 16 © union-habitat.org

### 1.3.3. La réutilisabilité

La réutilisabilité est un autre paramètre interdépendant de la résilience<sup>50</sup> d'un site industriel lors de sa réhabilitation. Elle désigne la capacité d'une architecture et de ses matériaux à être utilisés à nouveau pour une autre fonction ou un autre usage une fois que leur fonction d'origine a cessé (Figure 16). La réutilisabilité est donc étroitement liée à la durabilité et à la résilience, car elle garantit que le site industriel soit en mesure de continuer à être utilisé de manière productive, même dans des circonstances imprévues ou perturbées. Si le site n'est pas conçu de manière réutilisable, cela limite sa capacité à faire face aux changements économiques, technologiques ou environnementaux futurs.

Un site industriel avec une utilisation spécifique, comme une usine de production, deviendra obsolète si la technologie ou les processus de production évoluent rapidement, si la demande pour les produits change ou si le site est abandonné. Dans un tel cas, la réutilisabilité du site devient importante car elle permet de trouver une nouvelle fonction pour le site, plutôt que de l'abandonner complètement. Ainsi, une architecture dont certains composants sont cassés, abimés ou inexistantes pourra fonctionner avec d'autres composants ou même sans ces composants. On parle alors de réutilisabilité des structures ou des équipements.

En outre, la réutilisabilité contribue également à la résilience en cas d'urgence ou de catastrophe naturelle. Si l'architecture est conçue pour être réutilisable, elle peut être utilisée pour une autre fonction en cas d'urgence, ce qui contribue à la résilience de la communauté environnante.

En somme, la réutilisabilité est un paramètre interdépendant de la résilience d'un site industriel lors de sa réhabilitation, car elle garantit que le site reste utilisé de manière productive et durable dans des circonstances imprévues ou perturbées. La réutilisabilité permet également d'assurer la résilience de la communauté environnante en réhabilitant le site et en lui trouvant une nouvelle fonction.

---

<sup>50</sup> LIU, Dong, Zang, W., Deters, R. (2009). *Architectural design for resilience*. p. 137-152. p.3

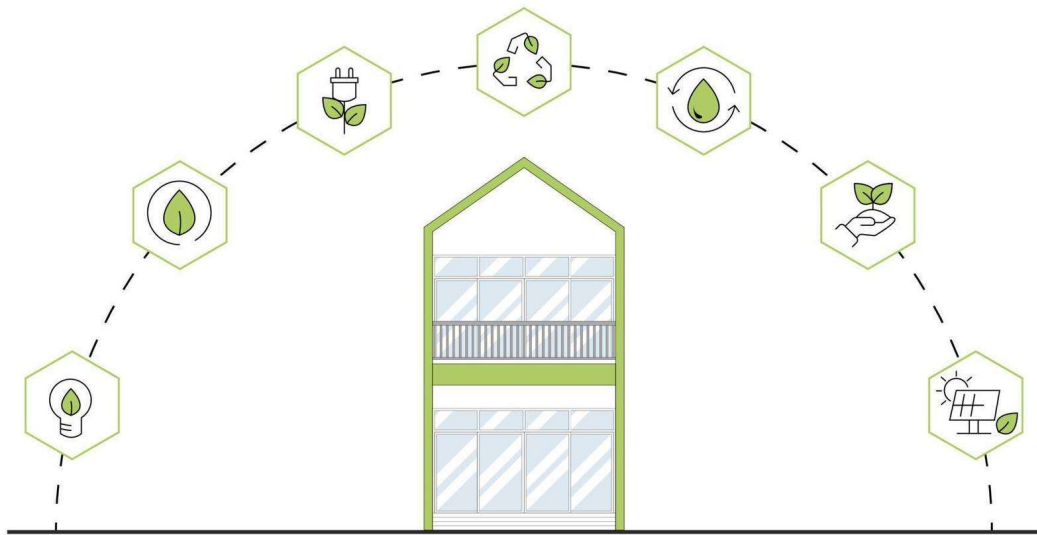


Figure 17 © dps.studio

#### 1.3.4. La durabilité

La durabilité est une dimension de la résilience. En architecture, ces deux concepts sont étroitement liés et interagissent de manière complexe<sup>51</sup>. La durabilité est souvent considérée comme la capacité d'une architecture à répondre aux besoins actuels sans compromettre la capacité des générations futures à répondre à leurs propres besoins (Figure 17). C'est un paramètre interdépendant de la résilience d'une architecture car elle garantit la stabilité à long terme du site ou du bâtiment en préservant les ressources naturelles, en minimisant les déchets, en optimisant la performance énergétique et en réduisant l'impact environnemental. Ainsi, les décisions prises lors de la réhabilitation d'un site industriel ont un impact significatif sur la durabilité du site, notamment sur la qualité de l'air, de l'eau, des sols, des structures et des écosystèmes environnants.

Si la réhabilitation d'un site industriel implique la réutilisation de sols contaminés, il est important de garantir que les mesures de traitement des sols sont durables et efficaces, afin de minimiser les risques pour la santé et l'environnement à long terme. De même, si la réhabilitation implique la construction de nouveaux bâtiments ou la rénovation des bâtiments existants, il est important de garantir que les matériaux de construction sont durables et écoresponsables, et que les systèmes mécaniques et électriques sont conçus pour optimiser l'efficacité énergétique.

En somme, les concepts de durabilité et de résilience sont étroitement liés dans le contexte de la réhabilitation d'un site industriel. Une approche durable et respectueuse de l'environnement est essentielle pour garantir la résilience à long terme du site et sa capacité à fonctionner dans des conditions normales ou perturbées.

« La résilience peut être conçue comme une démarche opérationnelle qui permet de répondre à certains enjeux du développement urbain durable. »<sup>52</sup>

---

<sup>51</sup> TOUBIN Marie, Lhomme S., Diab Y., Serre D. et Laganier R. (2012). *La Résilience urbaine : un nouveau concept opérationnel vecteur de durabilité urbaine ?* Développement durable et territoires [En ligne], Vol. 3, n° 1

<sup>52</sup> TOUBIN Marie et al. (2012). *La Résilience urbaine : un nouveau concept opérationnel vecteur de durabilité urbaine ?*, 13

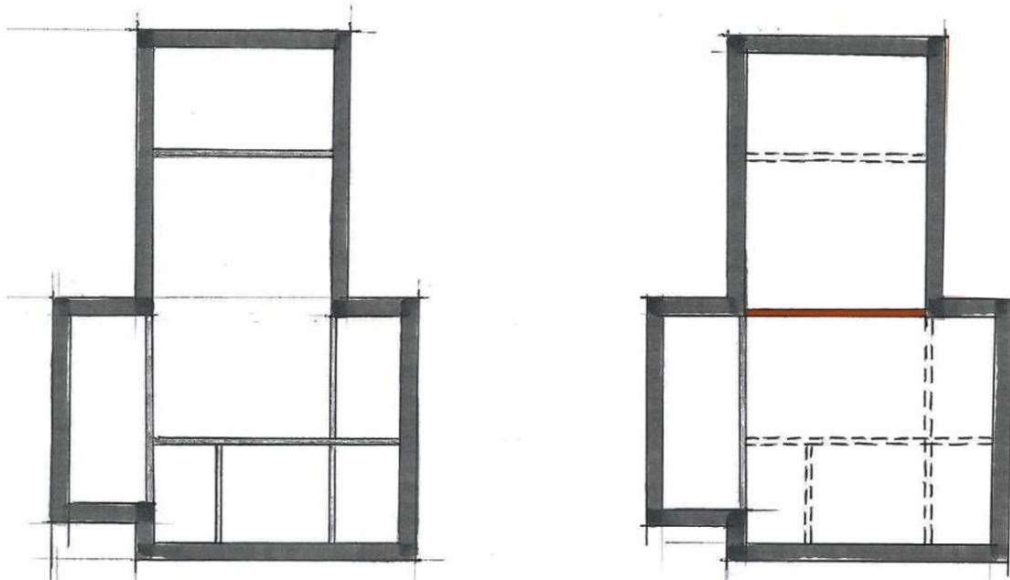


Figure 18 © XB Architects

### 1.3.5. La réversibilité

La réversibilité se réfère à la capacité d'un bâtiment ou d'un espace à être modifié, adapté ou démantelé de manière non destructive afin de répondre aux besoins changeants des utilisateurs ou de s'adapter à de nouvelles contraintes environnementales, économiques ou sociales (Figure 18).

« Le principe de réversibilité d'un bâtiment consiste à intégrer des dispositions techniques et spatiales qui permettront ultérieurement à ce même bâtiment de changer d'usage le plus simplement possible, c'est-à-dire avec un minimum de contraintes techniques et financières »<sup>53</sup>

La réversibilité est une approche qui favorise la flexibilité et l'adaptabilité, ce qui permet à l'architecture de s'adapter à l'évolution des besoins et des modes de vie. La réversibilité peut être envisagée à différentes échelles, allant de la flexibilité des espaces intérieurs jusqu'à la conception modulaire et démontable des éléments de construction<sup>54</sup>. Cette approche permet de minimiser les perturbations causées par des changements futurs et de prolonger la durée de vie utile d'un bâtiment.

La réversibilité contribue également à la durabilité de l'architecture en minimisant les déchets de construction et en optimisant l'utilisation des ressources. La réversibilité favorise la réutilisation des éléments de construction existants, réduisant ainsi la demande de nouveaux matériaux et limitant l'empreinte écologique associée à la construction de nouveaux bâtiments<sup>55</sup>. Cela réduit également les coûts liés à la démolition et à l'élimination des déchets de construction.

La réversibilité est donc un paramètre interdépendant crucial de la résilience en architecture. Cette approche favorise la flexibilité, l'adaptabilité et la durabilité des bâtiments, en minimisant les perturbations causées par des changements futurs et en optimisant l'utilisation des ressources. En intégrant la réversibilité dans la conception architecturale, il est possible de créer des bâtiments capables de faire face aux défis et aux besoins changeants de manière efficace et durable.

---

<sup>53</sup> BRUNETTE, Lucas (2020). *L'architecture adaptable, entre mutabilité et identité*, p.5

<sup>54</sup> ALLAHAIM Fahad Saud, Alfaris A., Leifer D. (2010). *Towards Changeability: The Adaptable Buildings Design (ABD) Framework*. p.7

<sup>55</sup> BRUNETTE, Lucas (2020). *Le réemploi de matériaux en architecture*

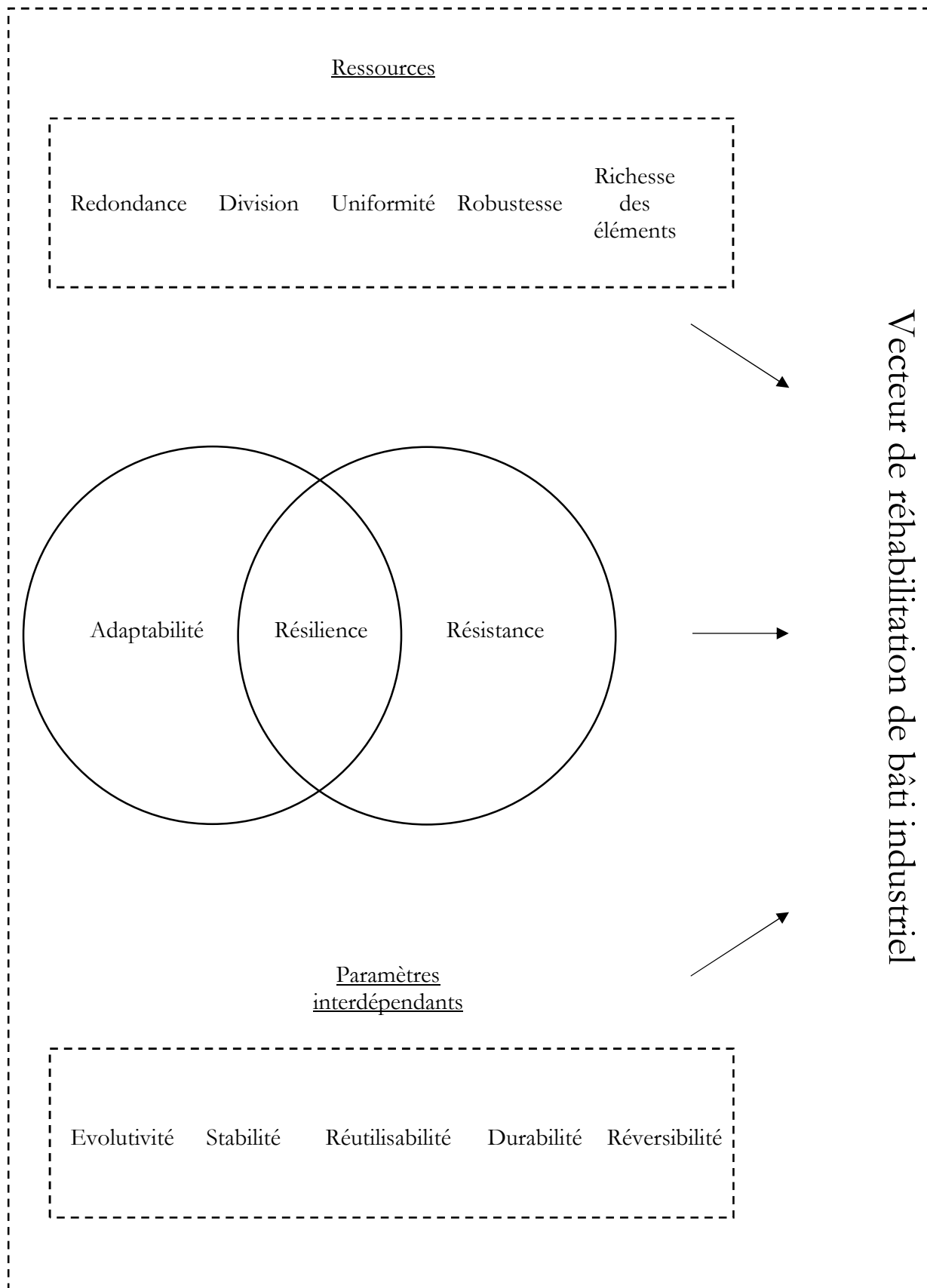


Figure 19 © Production personnelle

## 1.4. Synthèse : La résilience comme vecteur de réhabilitation ?

La résilience en architecture est donc la combinaison d'une capacité d'adaptabilité et de résistance de l'architecture d'un site. Ces deux capacités sont liées et se manifestent lorsque l'on parle de résilience.

En outre, la résilience est définie par une série de ressources. Au nombre de cinq dans ce travail de recherche, leur présence augmente la capacité résiliente d'une architecture. Il est donc important d'identifier ces ressources dans le cadre de la réhabilitation d'un bâti industriel comme c'est le cas dans ce travail de fin d'études. Ces ressources sont la redondance, la division, l'uniformité, la robustesse et la richesse des éléments.

Enfin, les paramètres interdépendants de la résilience en architecture sont des caractéristiques de cette résilience. L'évolutivité, la stabilité, la réutilisabilité, la durabilité et la réversibilité sont les moyens par lesquels s'exprime la résilience.

Pour comprendre en quoi la résilience peut être vecteur de réhabilitation du patrimoine, il y a lieu de définir la réhabilitation par rapport aux autres méthodes d'intervention sur le patrimoine. La rénovation « concerne la reconstruction suivant une démolition totale ou partielle d'un bâtiment ou d'un quartier »<sup>56</sup> et « cette notion de démolition fait différer la rénovation de la restauration, qui concerne uniquement la remise en l'état initial »<sup>57</sup>. La réhabilitation se rapproche plutôt de la requalification dans laquelle « il s'agit d'un projet global qui peut éventuellement inclure la reconversion de bâtiments, industriels ou non »<sup>58</sup>. La réhabilitation est donc le « fait de mettre un ouvrage ancien en conformité avec les dernières normes en vigueur dans ses espaces intérieurs, tout en conservant son aspect extérieur en tout ou partie »<sup>59</sup>. La résilience en tant qu'adaptabilité et résistance de l'ouvrage peut donc être vecteur de réhabilitation.

Par ces propositions de définitions, de ressources et de paramètres, la résilience peut être un vecteur de réhabilitation d'un site industriel (Figure 19). La compréhension de ce premier chapitre permet d'aborder une réhabilitation d'un bâti industriel en tenant compte principalement des éléments développés ici. Bien sûr, la réhabilitation doit prendre en compte aussi toutes les caractéristiques patrimoniales des bâtiments étudiés ainsi qu'une analyse historique. Il faut aussi procéder à une analyse programmatique, de faisabilité<sup>60</sup>, et une analyse spécifique du site et de ses différents enjeux.

---

<sup>56</sup> LALOUX Olivier (2023). *Pathologie et expertise – LB.ARC2165*

<sup>57</sup> LALOUX Olivier (2023). *Pathologie et expertise – LB.ARC2165*

<sup>58</sup> REAL, Emmanuelle (2015). *Reconversions. L'architecture industrielle réinventée*. 45

<sup>59</sup> RUBIN, Patrick. (2017). *Construire réversible*. Canal architecture, p.10

<sup>60</sup> REAL, Emmanuelle (2015). *Reconversions. L'architecture industrielle réinventée*. 162-163

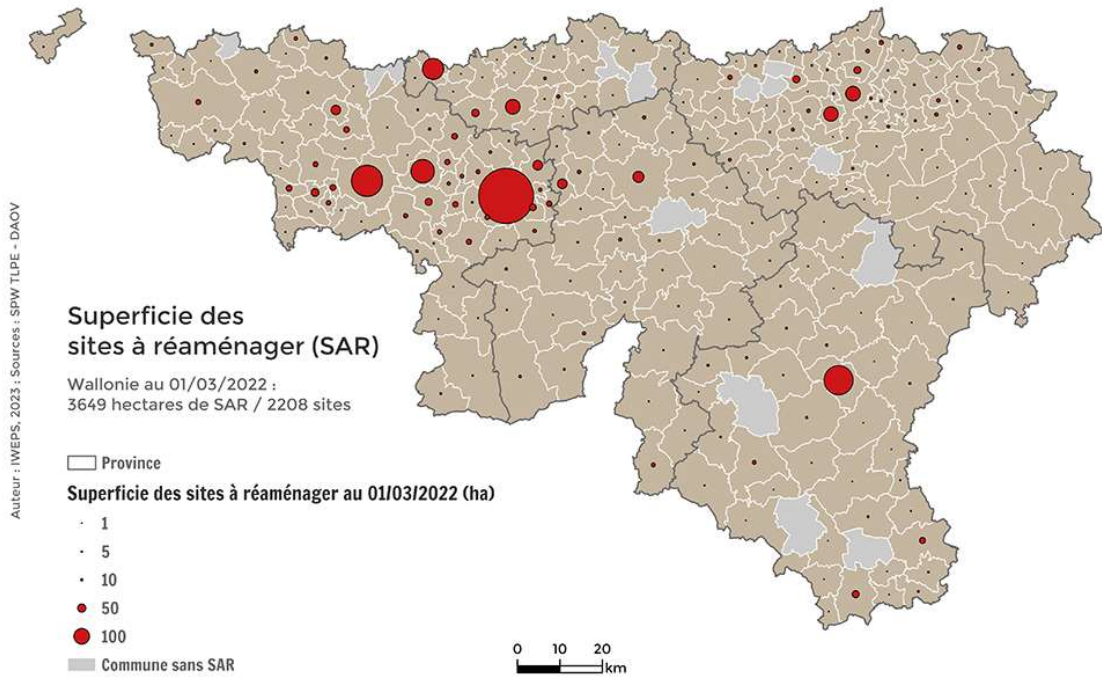


Figure 20 © IWEPS - 2023

## 2. Bâti industriel, caractéristiques de résilience et valeurs

Ce chapitre traite de la compréhension du bâti industriel ainsi que de ses caractéristiques et de ses valeurs en regard des enjeux de résilience qui ont été définis dans le chapitre précédent. Les différents types de bâtis industriels présents sur un site industriel sont explicités ainsi que les différentes étapes de la vie d'un bâtiment industriel. Enfin, l'identification des valeurs patrimoniales et d'art de ces bâtiments industriels permet de comprendre comment elles se manifestent par rapport à des enjeux de résilience et ce que cela implique.

### 2.1. Bâtiments et sites industriels

#### 2.1.1. Contexte

La Wallonie compte un nombre important de sites industriels à réaménager (Figure 20). Les sites industriels en Wallonie ont une longue histoire remontant au début de la révolution industrielle au 19<sup>ème</sup> siècle. Au fil du temps, l'industrie wallonne a évolué pour devenir un pilier économique important de la région, avec une forte présence dans des secteurs tels que l'acier, la chimie, l'énergie et les matériaux de construction<sup>61</sup>. Les caractéristiques des sites industriels en Wallonie peuvent varier considérablement en fonction du secteur d'activité, mais certaines tendances communes se dégagent.

Les sites industriels sont souvent situés à proximité des sources d'énergie, telles que les centrales électriques et les rivières, ainsi que des infrastructures de transport, telles que les autoroutes, les voies navigables, les ports et les chemins de fer. Les sites industriels sont également caractérisés par la présence dans la région d'une main-d'œuvre qualifiée et expérimentée, avec de nombreux travailleurs disposant d'une formation spécialisée dans leur domaine. Aussi, les sites industriels sont souvent de grande taille et ont des besoins spécifiques en matière de logistique de transport.

#### 2.1.2. Définitions du bâti industriel

Dans ce travail, les bâtiments industriels dont il est question font partie de sites industriels de fabrication métallique. Ces usines consistent à fondre et monter des pièces métalliques et à les exporter<sup>62</sup>. Ces usines diffèrent des fonderies ou des industries métallurgiques qui sont munies de hauts fourneaux pour la fabrication de la matière première. Les usines sont des bâtiments qui ont une fonction utilitaire et dont la dimension de l'usage est la plus importante. Ainsi, le bâti industriel dont il est question dans ce travail de fin d'études appartient à l'architecture industrielle rationnelle<sup>63</sup>. Cette architecture est spécifique à l'usine et à l'exploitation industrielle, mais est suffisamment générale et simplifiée pour pouvoir accueillir différentes fonctions et usages.

---

<sup>61</sup> BRUWIER Marinette (1976). *La prépondérance de la grande industrie*, dans H. HASQUIN (dir.), *La Wallonie. Le pays et les hommes. Histoire, économies, sociétés*, t. 2, Bruxelles, 1976

<sup>62</sup> VANDERMOTTEN, Christian (1985). *La production de l'espace industriel belge : 1846-1984*. Hommes et Terres du Nord. pp. 100-109

<sup>63</sup> REAL, Emmanuelle (2015). *Reconversions. L'architecture industrielle réinventée*. 67



Figure 23 © Ersbov\_Maks

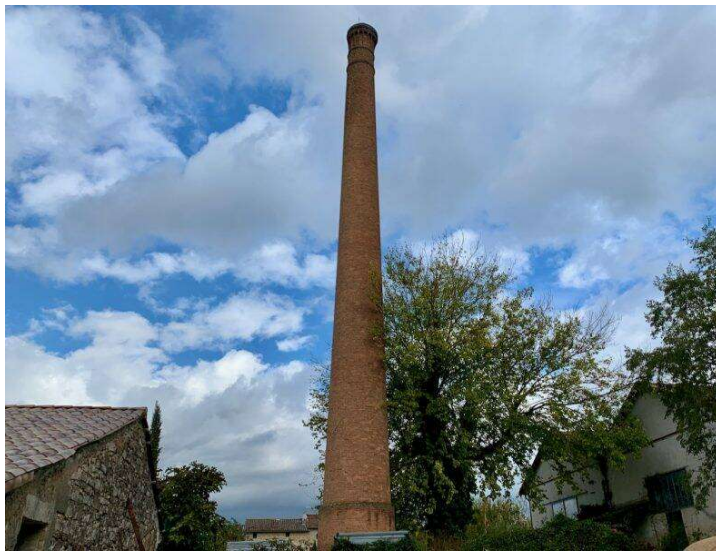


Figure 21 © Thierry Allard - Objectif Gard



Figure 22 © Nicolas Nova

## 2.2. Typologies et composantes

Les typologies architecturales sur un site industriel varient selon le type d'activité industrielle et les besoins spécifiques de chaque entreprise. Les bâtiments industriels sont donc souvent conçus pour être fonctionnels, économiques et robustes. Ils peuvent également être conçus pour répondre à des normes spécifiques. Les bâtiments industriels peuvent donc présenter des caractéristiques qui engendrent ou bloquent la résilience. Certains sont plus résilients et plus à même d'être réhabilités, ils présentent des caractéristiques propres à l'un ou l'autre usage<sup>64</sup>.

Un catalogue des différents types de bâtiments que l'on retrouve sur un site industriel va permettre de comprendre les sites et leurs composantes.

### 2.2.1. Les bâtiments administratifs

Les bâtiments administratifs d'un site industriel sont à « taille humaine »<sup>65</sup>. Ils sont dimensionnés et construits pour un usage particulier qui ne nécessite pas l'utilisation de machines particulières de grande taille. Ce type de bâti est souvent un bâtiment de bureaux avec une structure portante similaire à des grands bâtiments de logements. Les matériaux utilisés sont généralement la brique et le béton (**Erreur ! Source du renvoi introuvable.** Figure 23). Un tel bâtiment peut donc être aisément compartimenté et est facilement adaptable en plus de présenter une certaine résistance aux contraintes extérieures. Toutefois, sa « taille humaine » limite son caractère résilient.

### 2.2.2. Les cheminées

Les cheminées et bâtiments annexes tels que les fours sont des éléments résilients selon des critères bien spécifiques. Souvent construits en brique ou béton, ces composants d'un site industriel sont tellement spécifiques qu'ils sont difficilement adaptables (Figure 21). Bien que robustes et résistants, ce qui leur confère un caractère résilient, leur spécificité limite l'adaptabilité. Lorsqu'il est question de réhabilitation, ce type d'architecture est plutôt associée à une valeur d'identité et à une valeur symbolique du site industriel.

### 2.2.3. Les ateliers

Les ateliers en béton armé sont un type de bâti industriel avec une grande capacité résiliente. Le plan libre et le matériau rendent ce type de bâtiment extrêmement résilient. Ils sont généralement de grandes dimensions et robustes car ils peuvent être équipés de machines et d'équipements lourds (Figure 22). Cependant, les grands plateaux libres que ces bâtiments offrent sont peu éclairés de manière naturelle et les dimensions permettent peu de réhabiliter ce type de bâti à « taille humaine ».

---

<sup>64</sup> Voir aussi Annexe1

<sup>65</sup> Selon VIVRE EN VILLE (2017). « Échelle humaine », Collectivitesviables.org, Vivre en Ville, la « L'échelle humaine est la plus petite des échelles de l'aménagement, celle où les éléments qui forment notre environnement (bâtiments, espaces publics, etc.) s'appréhendent à hauteur d'homme et à la vitesse du pas »

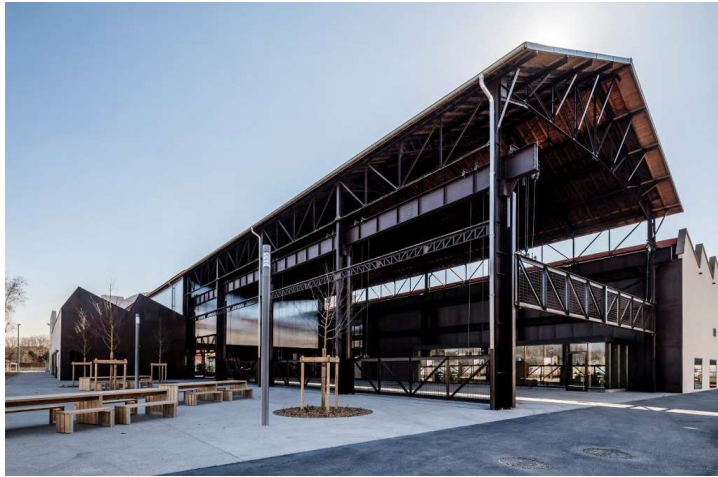


Figure 25 © Kevin Dolmaire



Figure 24 © Franks Vincentz



Figure 26 © Marc Delforge

#### 2.2.4. Les halles

Les halles sont des grandes structures qui permettent un grand franchissement<sup>66</sup>. Grâce au système ingénieux de charpentes métalliques, les halles ont une grande portée et définissent de larges espaces sans structures intermédiaires (Figure 25). Ces halles peuvent aussi accueillir des rails et des chemins de fer pour acheminer la matière au sein des usines. Les halles sont donc résilientes car elles sont robustes, légères et facilement adaptables. Les matériaux métalliques des halles ainsi que leur dimensionnement les rendent résilientes.

#### 2.2.5. Les sheds

« Les édifices industriels couverts en shed sont des espaces unifiés à trame constructive régulière sur plan libre, généralement bâtis en rez-de-chaussée. Le principe de la toiture en shed [...] repose sur deux pentes de degrés inégaux, l'une aveugle, l'autre vitrée, traditionnellement orientée au nord pour éviter l'ensoleillement direct des ateliers »<sup>67</sup> (Figure 24).

Les sheds sont donc résilients car ils se veulent adaptables et résistants. Ce sont des bâtiments où peuvent être stockées des matières premières ou des produits finis mais aussi dans lesquels peuvent se déployer des ateliers, de l'assemblage ou du travail de la matière. Ce type de bâti est donc très polyvalent bien que sa structure puisse limiter l'espace disponible sans entrave.

#### 2.2.6. Les installations extérieures

Pour finir, les installations extérieures sont également présentes sur les sites industriels. Cela peut inclure des zones de chargement/déchargement, des aires de stationnement pour les camions, des installations de traitement des eaux ou des rails de chemin de fer (Figure 26). Les structures de ces aménagements sont souvent réutilisables car elles sont dimensionnées pour être adaptables et faciles d'accès. Ainsi une aire de chargement ou un local technique présente une certaine résilience même si un usage complètement différent de celui d'origine paraît peu probable.

---

<sup>66</sup> REAL, Emmanuelle (2015). *Reconversions. L'architecture industrielle réinventée*

<sup>67</sup> REAL, Emmanuelle (2015). *Reconversions. L'architecture industrielle réinventée*. 75



## 2.3. Evolution des usages et des fonctions

Il arrive qu'un site industriel change de fonction pour diverses raisons, telles que l'évolution des marchés, la modernisation des équipements ou des processus de production, ou un changement de propriétaire. Un tel changement de fonction est susceptible d'entraîner des modifications architecturales importantes. Ces évolutions et les différentes modifications qui en découlent indiquent si un bâti industriel est résilient ou non. La vie d'un bâtiment industriel peut être reprise en différentes étapes<sup>68</sup> : la construction, les changements de fonctions, l'obsolescence, l'abandon et la ruine. C'est la capacité d'un bâtiment industriel à passer par ces étapes, à avoir plusieurs vies qui est définie comme sa résilience. Plus le bâtiment dispose des ressources nécessaires, plus il sera résilient.

### 2.3.1. La (re)construction

La (re)construction englobe l'étape de la première construction ainsi que toutes les étapes qui consistent à modifier, améliorer, reconstruire en tout ou en partie un bâtiment industriel. C'est durant cette étape que les éléments architecturaux résilients sont construits ou conservés pour leurs qualités de résilience.

### 2.3.2. Le changement de fonction

Les changements de fonctions, d'occupations ou de propriétaires font partie de la vie d'un site industriel. Lors de ces étapes, les éléments d'architectures résilients sont plus à même d'être conservés ou adaptés grâce à leurs capacités d'adaptabilité et de résistance.

### 2.3.3. L'abandon

L'abandon d'un bâti industriel peut être dû à diverses raisons mais les éléments résilients laissés à l'abandon et aux altérations dans le temps sont identifiables. L'abandon d'un bâti industriel est donc une étape dans laquelle il est possible de relever les divers éléments qui sont résistants et qui s'adaptent aux différentes altérations humaines, temporelles ou climatiques.

### 2.3.4. L'obsolescence

Le plus souvent, ce sont les équipements, les machines ou les structures secondaires qui deviennent obsolètes. Les éléments structurels des bâtiments sont souvent conçus pour être adaptables, et peuvent être réutilisés. L'obsolescence est donc une étape de la vie d'un bâtiment industriel dans laquelle il est facile de distinguer les éléments obsolètes des éléments résilients.

### 2.3.5. La ruine

Même si les structures industrielles sont souvent dimensionnées pour résister à des contraintes extérieures, la ruine d'un bâti industriel peut être due à plusieurs facteurs naturels, anthropiques ou de stabilité des structures. Lorsqu'un bâtiment ou un site est en ruine, restent debout les éléments les plus résilients. Ces éléments qui structurent les bâtiments industriels sont souvent résistants et indiquent donc une certaine résilience.

---

<sup>68</sup> Issu d'un travail de recherche par groupe sur la résilience dans le cadre du cours LBARC 2237 à l'UCLouvain en 2023 © Dubois-Jacquemin-Kozyreff

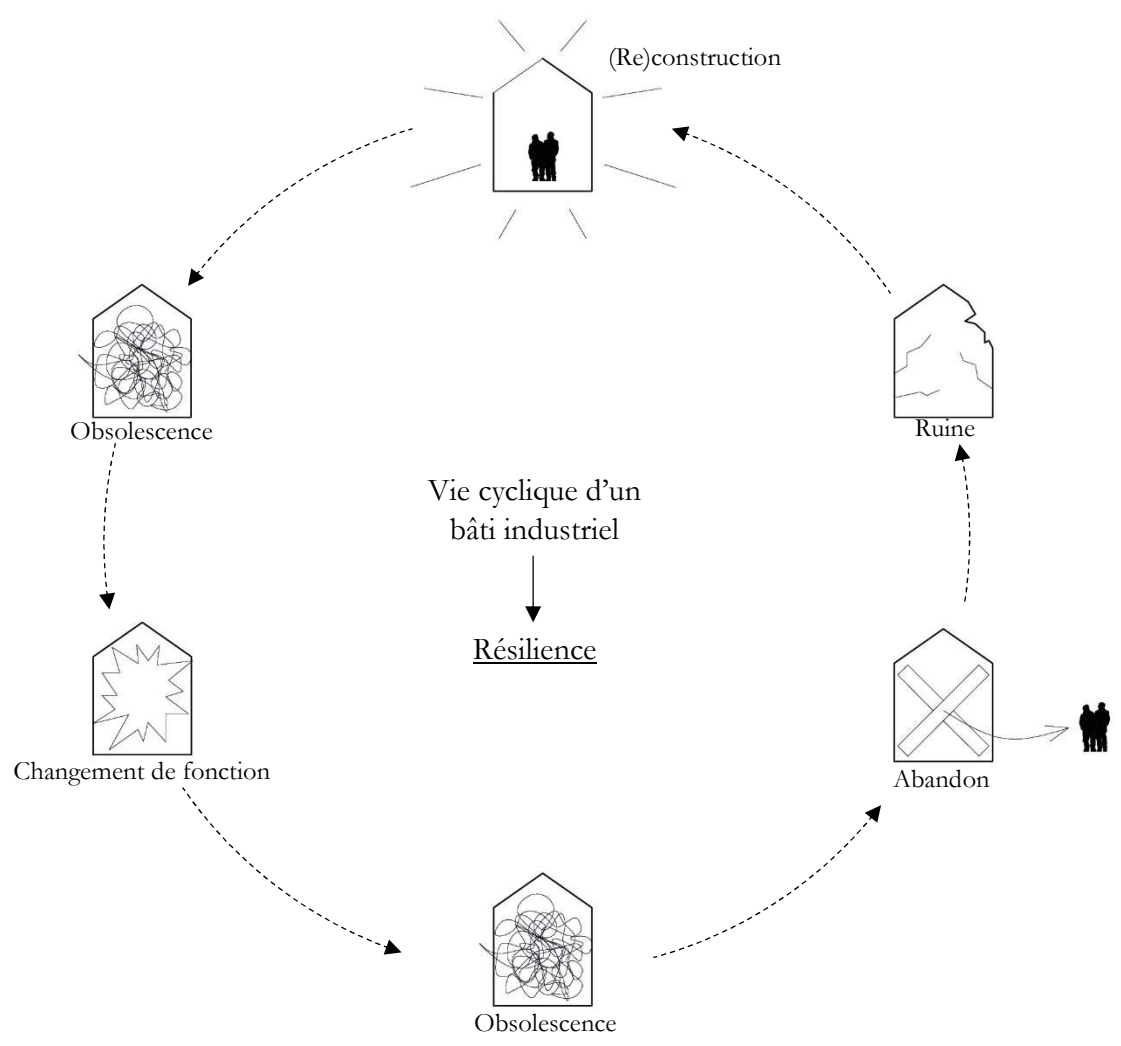
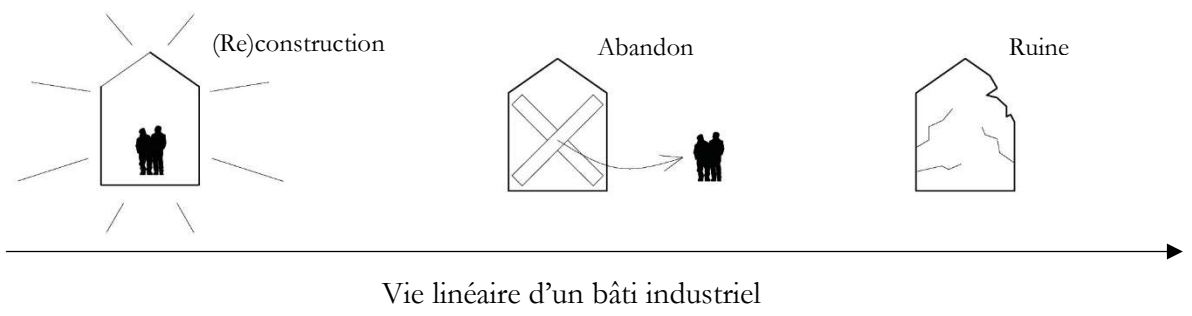


Figure 27 © Dubois-Jacquemin-Kozyreff & © Production personnelle

Comme on l'a vu précédemment, la résilience étant un concept emprunté à la psychologie, l'évolution des usages et des fonctions d'un bâtiment industriel fait référence aux différentes étapes et traumatismes d'un être humain qui surmonte ceux-ci grâce à sa capacité de résilience.

L'identification de la résilience d'un bâtiment industriel lui permet donc d'avoir potentiellement une vie cyclique et non linéaire. Dans notre société occidentale, la vie est vue comme linéaire alors que la vie est cyclique dans les cultures orientales.

« En occident le rapport au Patrimoine en est affecté car dans une notion linéaire, le temps qui passe est révolu à tout jamais et les objets qui en sont les témoins acquièrent un caractère unique, irremplaçable »<sup>69</sup>.

Le fait de voir ces changements comme des étapes et non comme des ruptures de la vie du bâtiment le rend résilient. La cyclicité<sup>70</sup> est donc un principe inhérent à la résilience (Figure 27).

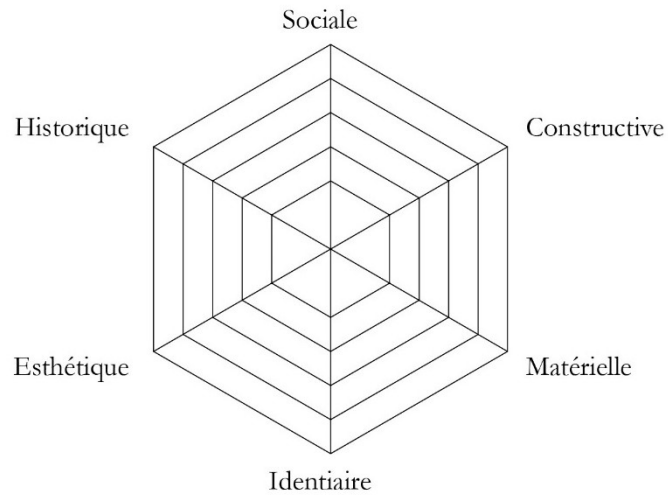
Dans ce travail, il est question de réhabilitation ; cette étape se situe au moment de la ruine et de la (re)construction du bâti industriel.

---

<sup>69</sup> VANDENBROUCKE David, Claeys Damien (2020). *Notes du cours de théorie de la restauration*. LBARC1343  
Théorie de la Restauration – UCL-LOCI-BXL

<sup>70</sup> GRIMONPONT, Arthur (2019) *Critères de résilience*. Les greniers d'abondance

Valeurs  
patrimoniales du  
bâti industriel



Valeurs d'art selon  
Alois Riegl

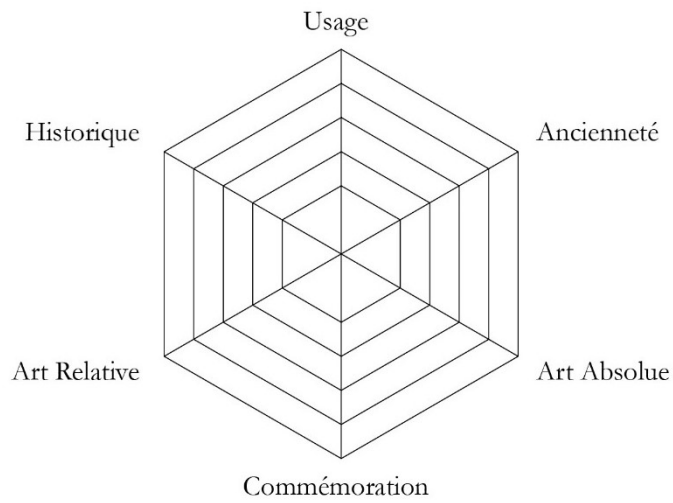


Figure 28 © Production personnelle

## 2.4. Valeurs patrimoniales : comparaison

Ce quatrième sous-chapitre compare les valeurs d'art de Alois Riegl<sup>71</sup> avec une proposition de valeurs architecturales du patrimoine industriel pour proposer une approche résiliente de ces valeurs lors de la réhabilitation d'un patrimoine architectural industriel.

### 2.4.1. Les valeurs du patrimoine industriel

Cette proposition personnelle de valeurs du patrimoine industriel en comporte six. La **valeur constructive** est liée à la technique de construction, à la qualité des matériaux et à la solidité de l'ouvrage. Elle est associée aux bâtiments industriels et aux infrastructures dont la valeur constructive présente des qualités techniques. La **valeur matérielle** est liée à l'utilisation de matériaux spécifiques, tels que la pierre, la brique, le bois, le métal, le verre ou la céramique. Les bâtiments dans lesquels on retrouve des matériaux spéciaux propres à certaines époques et certaines fabrications peuvent avoir une grande valeur patrimoniale. La **valeur sociale** est liée à l'importance du bâtiment pour la communauté locale, régionale ou nationale. Les bâtiments qui ont une fonction sociale importante peuvent avoir une forte valeur patrimoniale. La **valeur identitaire** est liée à l'importance du bâtiment pour l'identité culturelle, ethnique ou locale d'une communauté. Les bâtiments qui reflètent l'histoire, la culture ou la tradition d'une communauté peuvent avoir une forte valeur patrimoniale. La **valeur esthétique** est liée à l'aspect visuel du bâtiment, à sa beauté, à son élégance ou à sa composition artistique. Enfin, la **valeur historique** est liée à l'histoire du bâtiment, à son âge, à son usage ou à son importance historique.

### 2.4.2. Les valeurs d'art selon Alois Riegl :

Alois Riegl<sup>72</sup> a établi 6 valeurs d'art qui concernent les monuments. La **valeur d'usage** correspond au fait qu'un « édifice ancien qui continue d'être utilisé doit pouvoir abriter ses occupants sans mettre en danger leur vie ou leur santé »<sup>73</sup>. La **valeur historique** correspond au fait « qu'il présente pour nous un stade particulier, en quelque sorte unique, dans le développement d'un domaine de la création humaine »<sup>74</sup>. La **valeur d'ancienneté** est « liée à l'âge du monument et aux marques que le temps lui a apposées »<sup>75</sup>. La **valeur d'art relative** « concerne la part d'œuvres anciennes accessibles à la sensibilité actuelle »<sup>76</sup>. La **valeur d'art absolue** « se manifeste par le caractère achevé du neuf qui s'exprime de la manière la plus simple par une forme ayant conservé son intégrité »<sup>77</sup>. Enfin, la **valeur de commémoration** « tient généralement au fait même de l'édification d'un monument et empêche quasi définitivement qu'un moment sombre dans le passé et le garde toujours présent et vivant dans la conscience des générations futures »<sup>78</sup> (Figure 28).

---

<sup>71</sup> RIEGL Alois (1984) *Le culte moderne des monuments, son essence et sa genèse*, Éditions Seuil, Paris

<sup>72</sup> RIEGL Alois (1858-1905)

<sup>73</sup> RIEGL Alois (1984) *Le culte moderne des monuments, son essence et sa genèse*, Éditions Seuil, Paris, dans VANDENBROUCKE David, Claeys Damien (2020). *Notes du cours de théorie de la restauration*. LBARC1343 Théorie de la Restauration – UCL-LOCI-BXL, p.102

<sup>74</sup> Ibidem

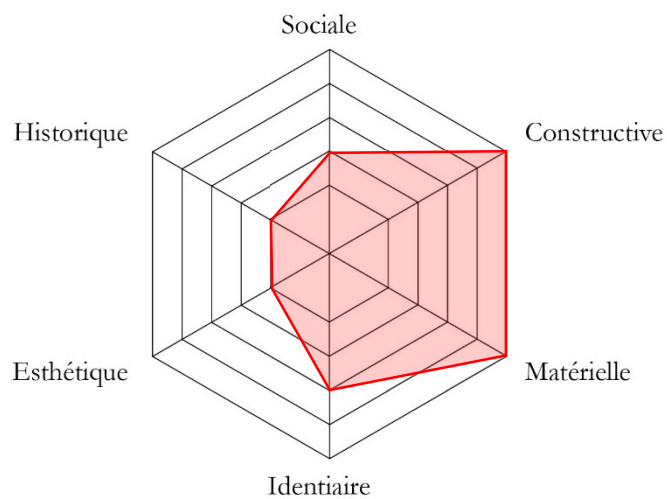
<sup>75</sup> Ibidem

<sup>76</sup> Ibidem

<sup>77</sup> Ibidem

<sup>78</sup> Ibidem

Dimension  
résiliente des  
valeurs  
patrimoniales du  
bâti industriel



Dimension  
résiliente des  
valeurs d'art selon  
Alois Riegl

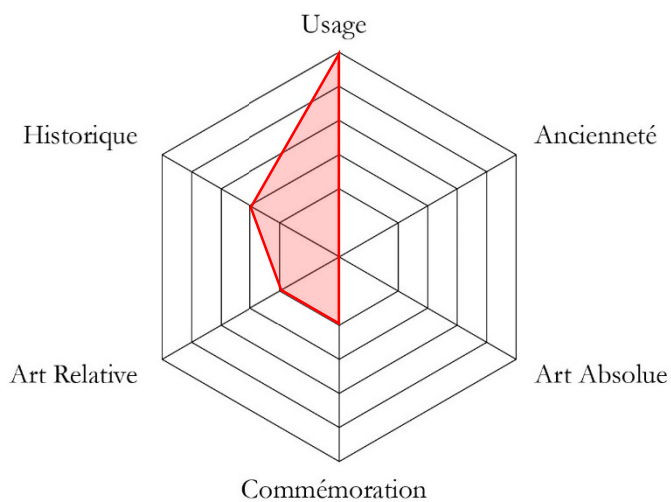


Figure 29 © Production personnelle

### 2.4.3. Interactions avec les enjeux de résilience

La compréhension de ces différentes valeurs d'art et patrimoniales permet de les comparer avec le principe de résilience tel qu'il est développé dans ce travail. On peut remarquer que certaines valeurs d'art ou patrimoniales se joignent tout à fait au principe de résilience comme les capacités d'adaptation et de résistance. Cependant d'autres valeurs n'interfèrent pas avec la résilience ou sont en confrontation avec celle-ci. La conservation du patrimoine peut être une approche résiliente de réhabilitation. La conservation et l'utilisation d'un minimum de matière s'inscrit dans la logique de résistance et d'adaptabilité de la résilience. Lors de la réhabilitation, certaines structures considérées comme résilientes ont une valeur patrimoniale particulière.

L'hypothèse d'intervention résiliente est en parfaite harmonie avec les valeurs d'usages, matérielles et constructives car ce sont les matériaux et leurs capacité d'adaptabilité et de résistance qui sont ici mentionnés. Aussi, les valeurs d'identité, les valeurs sociales et de commémoration entrent un peu dans un principe résilient de réhabilitation. En effet, la friche industrielle et son bâti « est le reflet du progrès et de la modernité, malgré la pollution et le travail éreintant des ouvriers, et malgré les grandes catastrophes industrielles »<sup>79</sup>. Ainsi, les autres valeurs appartiennent plutôt à la démarche patrimoniale de la réhabilitation plutôt qu'à la démarche résiliente. L'intervention résiliente tient donc compte de certaines valeurs. Certaines valeurs sont en interaction et d'autres en confrontation avec la résilience (Figure 29).

Une démarche résiliente est donc tout à fait compatible avec une démarche patrimoniale dans le cadre d'une réhabilitation bien que certains choix dans la conservation des éléments architecturaux doivent être faits au cas par cas en fonction de l'analyse patrimoniale et sanitaire du site. En effet,

« Les interventions de restauration dominées par le respect de l'authenticité (« substance ancienne » dans le vocabulaire de la charte de Venise), pourraient parfois céder leur place à des interventions plus libres en termes de reconversion, réhabilitation et autres recyclages »<sup>80</sup>

« Par ailleurs, ces lieux patrimoniaux [...] représentent souvent des opportunités en termes de développement urbain. Ces zones leviers ouvrent sur une nouvelle échelle de problématiques économiques et patrimoniales, mais que la charte ne peut guère seule instruire. »

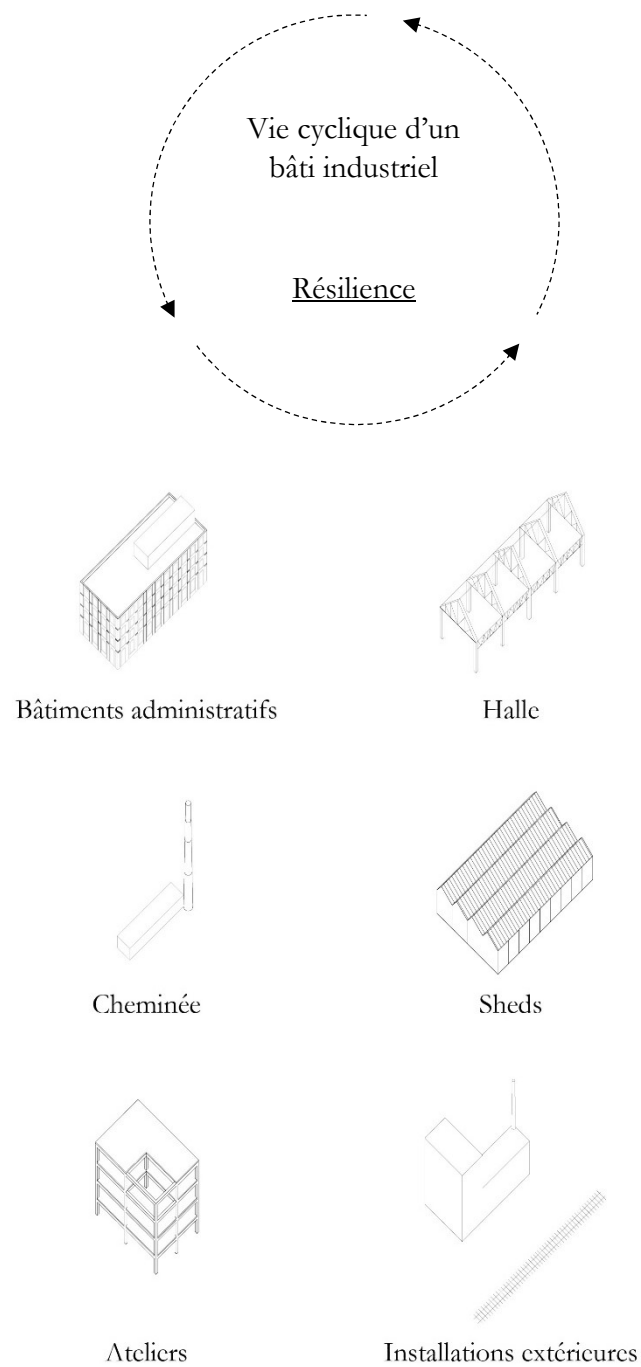
« Mais aujourd'hui, face à ce nouveau corpus patrimonial diversifié, il convient de s'attacher parfois prioritairement à rétablir la fonctionnalité et notamment l'habitabilité du patrimoine dans le cas d'opérations de réhabilitation »

---

<sup>79</sup> CENCI, Jeremy (2018). *From Factory to Symbol: Identity and Resilience in the Reuse of Abandoned Industrial Sites of Belgium*, *The Historic Environment: Policy & Practice*, 9:2, 158-174. p.165

<sup>80</sup> DUMONT Paula, Vanden Bruggen B. (2011). *Restauration(s) et conservation*. Région de Bruxelles-Capitale [source : patrimoine.brussels]

## Le bâti industriel, une architecture résiliente



### Valeurs et résilience :

Usage, Constructive, Matérielle, Identitaire

Figure 30 © Production personnelle

## 2.5. Synthèse : Le bâti industriel, une architecture résiliente

Ce deuxième chapitre a permis de préciser les enjeux et les valeurs relatives au patrimoine industriel dont il est question dans ce travail (Figure 30).

Le bâti industriel est donc subdivisé en plusieurs types de bâtiments qui présentent chacun des caractéristiques architecturales particulières et des caractéristiques de résilience qui y sont liées. Dans ce travail, on retrouve les bâtiments administratifs, les cheminées et bâtiments attenants, les ateliers, les halles, les sheds et les installations extérieurs. Chaque type présente différents indicateurs de résilience qui permettent ou non de l'adaptabilité et de la résistance.

Aussi, la résilience du bâti industriel suppose qu'un bâtiment dispose de plusieurs vies ou plutôt que celles-ci sont regroupées en la vie cyclique d'un bâtiment. Sa capacité à subir ces différents changements tout au long de sa vie indiquent son caractère résilient.

Le fait de mettre en perspective les types de bâtiments industriels et les différentes valeurs qu'ils ont et qu'il faut ou non conserver lors de la réhabilitation avec des enjeux de résilience permet de comprendre quelles sont les opportunités que l'on va retenir pour la réhabilitation.

Le chapitre suivant va donc permettre d'opérer un mode d'intervention résilient sur le bâti industriel en connaissance de cause.



### 3. Hypothèse de méthodologie d'intervention résiliente sur un bâti industriel

Ce troisième chapitre propose une hypothèse personnelle de méthodologie d'intervention résiliente pour réhabiliter du bâti industriel. Plusieurs points importants doivent être développés.

Premièrement, la méthodologie des 3R en architecture consiste à réutiliser, recycler et réduire les matériaux et ressources de la construction. Réutiliser les éléments identifiés comme résilients, recycler les autres matériaux inutilisables et par conséquent réduire l'utilisation de nouvelles ressources est une méthode résiliente qui se base sur la résistance et l'adaptabilité des éléments d'architecture déjà présents sur site.

Ensuite, l'identification des opportunités que présente un site et du bâti industriel pour la réhabilitation propose de voir ces opportunités comme des éléments d'architecture résilients, adaptables et résistants.

Aussi, ce chapitre propose un catalogue des différents éléments architecturaux que l'on retrouve dans le bâti industriel et qui sont résilients. Ces éléments sont catégorisés comme résilients et supportent la réhabilitation du bâti.

Enfin, on trouve une synthèse qui est une hypothèse de mode d'intervention résiliente. Cette synthèse est une proposition qui est la plus exhaustive possible mais qui a ses limites et reste à l'appréciation de chaque cas particulier.

#### 3.1. 3R comme méthodologie résiliente

La réhabilitation d'un site industriel par un mode d'intervention résilient est un processus complexe qui implique la réutilisation, la réduction et le recyclage des matériaux présents sur place<sup>81</sup>. Aujourd'hui, la consommation des ressources nécessaires à la construction doit être drastiquement diminuée et l'utilisation du sol régulée<sup>82</sup>. La réutilisation consiste à utiliser les matériaux, structures ou bâtiments existants pour des usages similaires ou différents de ceux pour lesquels ils ont été initialement conçus. La réduction implique quant à elle de minimiser la quantité de matériaux nécessaires à la réhabilitation du site, en optant par exemple pour des techniques de construction plus efficaces ou pour des matériaux ayant une durée de vie plus longue. Enfin, le recyclage permet de récupérer des matériaux pour les réutiliser dans la construction ou la fabrication de nouveaux produits.

---

<sup>81</sup> PETZET Muck, Heilmeyer F. (2012). *Reduce/Reuse/Recycle: architecture as a resource*. Hatje Cantz Verlag, Ostfildern, Berlin

<sup>82</sup> Selon le rapport du GIEC 2023, sur [<https://climat.be/changements-climatiques/changements-observees/rapports-du-giec/2023-rapport-de-synthese>]

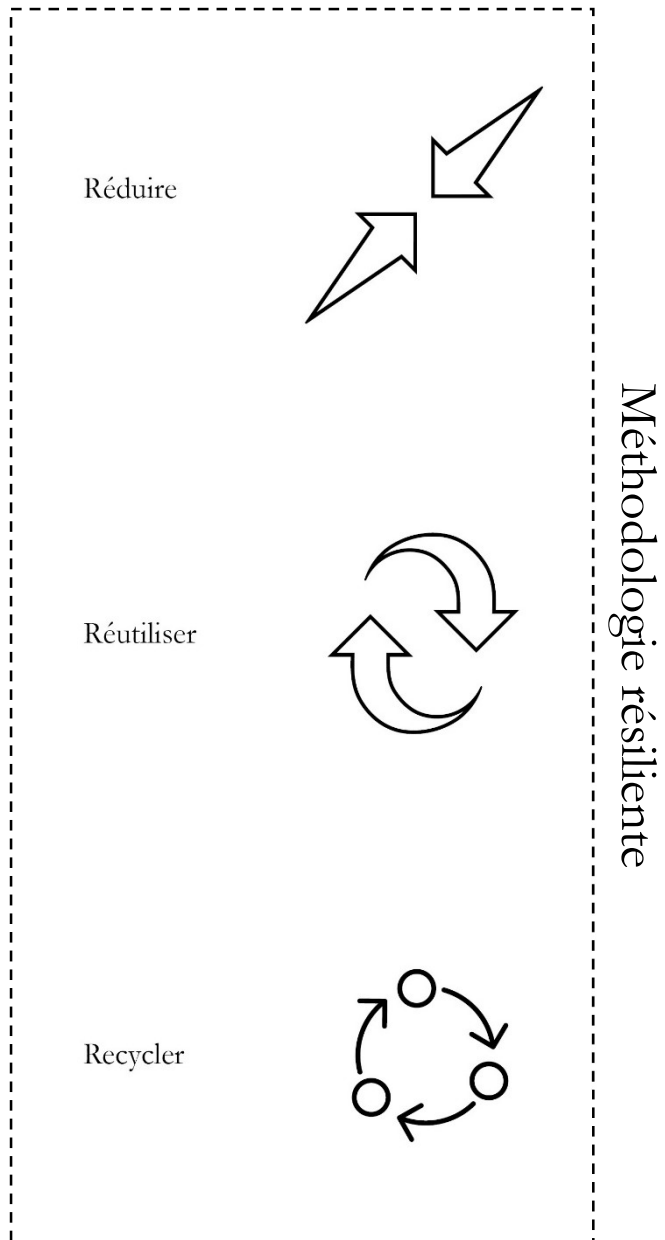


Figure 31 © Production personnelle

Ces trois actions sont particulièrement importantes et entrent dans le processus de résilience du site industriel. En effet, elles permettent de minimiser l'impact environnemental du projet en réduisant les besoins en ressources naturelles, en limitant les émissions de gaz à effet de serre et en réduisant les déchets. La réutilisation, la réduction et le recyclage des matériaux peuvent contribuer à réduire les coûts et les conséquences écologiques de la réhabilitation du site, ce qui est particulièrement important dans le contexte économique et écologique actuel.

« Tout système reposant sur une extraction de matières supérieure aux capacités de renouvellement se rend par définition vulnérable à leur pénurie ou à toute fluctuation affectant leur disponibilité »<sup>83</sup>

Les avantages de la réutilisation, de la réduction et du recyclage des matériaux dans la réhabilitation des sites industriels sont nombreux. La réutilisation des matériaux et des structures existants peut réduire de manière significative la quantité de déchets générés par la réhabilitation d'un bâti industriel, tout en réduisant les coûts de construction<sup>84</sup>. La réutilisation peut également contribuer à la résilience du site en renforçant les éléments structurels existants plutôt que de les remplacer, ce qui peut améliorer la capacité du site à résister aux catastrophes naturelles ou aux événements imprévus.

De même, la réduction des matériaux nécessaires à la réhabilitation d'un site peut contribuer à réduire l'empreinte carbone du projet<sup>85</sup>. La réduction des matériaux consiste à utiliser des matériaux plus durables et à faible impact environnemental, ainsi qu'à concevoir des bâtiments qui nécessitent moins de matériaux pour être construits. Cela peut aider à réduire l'impact environnemental du site industriel, ainsi qu'à rendre les bâtiments plus résistants aux changements climatiques. Les bâtiments qui utilisent moins de matériaux peuvent également être plus faciles à modifier ou à démonter si nécessaire, ce qui peut contribuer à leur résilience à long terme. Le bâti industriel étant conçu pour être simple et économe en matériaux, sa résilience est accrue.

Le recyclage des matériaux est également un aspect important de la réhabilitation des sites industriels. Il peut contribuer à réduire la consommation de ressources naturelles, tout en réduisant les coûts de construction et en minimisant l'impact environnemental du projet. De même, le recyclage des matériaux peut contribuer à la durabilité à long terme d'un site réhabilité.

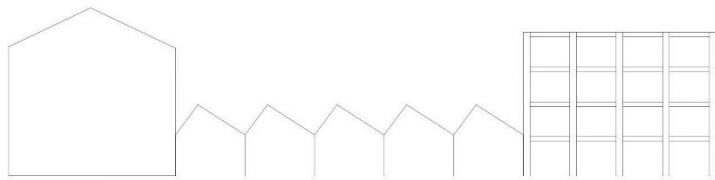
La réutilisation, la réduction et le recyclage des matériaux sont donc des actions qui utilisent pleinement les ressources résilientes d'un site industriel lors de sa réhabilitation (Figure 31). Ces trois actions sont mêlées et se complètent. La réutilisation d'éléments présents sur site revient à recycler ces éléments d'une certaine manière et à réduire ainsi la consommation de nouveaux matériaux. En minimisant l'impact environnemental et en réduisant les coûts de construction, ces actions peuvent contribuer à créer des sites durables et résilients, qui peuvent soutenir l'économie locale et protéger l'environnement.

---

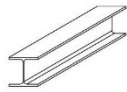
<sup>83</sup> GRIMONPONT, Arthur (2019) *Critères de résilience*. Les greniers d'abondance

<sup>84</sup> BRUNETTE, Lucas (2020). *Le réemploi de matériaux en architecture*

<sup>85</sup> LIU Jingkuang Liu et al. (2020) *Exploring factors influencing construction waste reduction: a structural equation modeling approach*



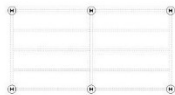
Diversité des typologies



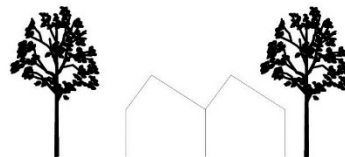
Matériau résilient



Patrimoine industriel



Plans libres



Site en friche

Figure 32 © Production personnelle

### 3.2. Opportunités et enjeux résilients d'un site industriel

En plus de se baser sur un certain nombre de ressources indispensables pour la résilience ainsi que des paramètres interdépendants, la résilience d'un site ou d'un bâti industriel s'exprime aussi par les opportunités qu'il présente. Ceux-ci sont notamment définis grâce aux enjeux de la construction réversible<sup>86</sup>. Les opportunités et enjeux résilients d'un site industriel sont les suivants.

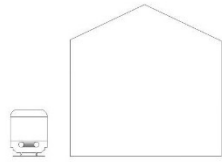
Tout d'abord, les **surfaces généreuses** des bâtiments industriels peuvent être réaménagées pour accueillir des activités diverses, telles que des bureaux, des espaces de coworking ou des ateliers. La **hauteur sous plafond** permet également de créer des espaces impressionnants et nécessitant de grandes surfaces utiles, comme des halls d'exposition ou des espaces de réception. Aussi, la hauteur sous plafond élevée des bâtiments industriels peut être utilisée pour créer des mezzanines ou des espaces en double hauteur, augmentant ainsi la surface utile sans augmenter la superficie au sol. De plus, la robustesse des bâtiments industriels offre une grande flexibilité en matière de réaménagement, permettant d'adapter l'espace aux besoins des occupants. Les **matériaux résilients** et robustes, tels que la maçonnerie, l'acier et le béton, sont également une ressource précieuse, car ils offrent une grande durabilité, une résistance aux intempéries et permettent une rénovation à moindre coût.

La **diversité des typologies** de bâtiments industriels est également un atout majeur. En effet, les différents types de bâtiments offrent des caractéristiques spécifiques, telles que la présence de ponts roulants, de quais de chargement ou de grandes portes d'accès, qui peuvent être réutilisées pour de nouveaux usages. La diversité des bâtiments industriels offre une grande variété d'espaces, allant des halls de production aux bureaux, en passant par les ateliers et les espaces de stockage, permettant ainsi une grande flexibilité dans l'utilisation future du site.

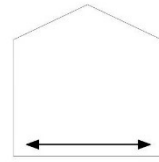
Les **espaces extérieurs généreux** constituent une opportunité à exploiter. Les cours, les parcs et les places peuvent être réaménagés pour créer des espaces verts, des aires de repos ou des terrasses. **L'éclairage naturel** est également un atout majeur dès lors qu'il est optimisé pour réduire la consommation énergétique et améliorer le bien-être des occupants.

---

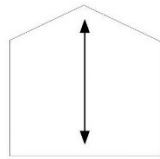
<sup>86</sup> RUBIN, Patrick. (2017). *Construire réversible*. Canal architecture



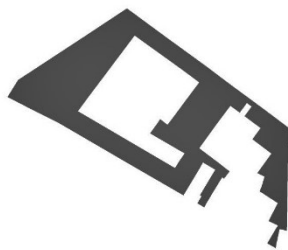
Infrastructures



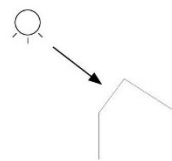
Surfaces généreuses



Grandes hauteurs sous plafonds



Espaces extérieurs généreux



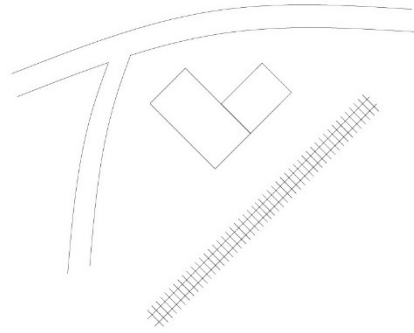
Eclairage naturel

Figure 33 © Production personnelle

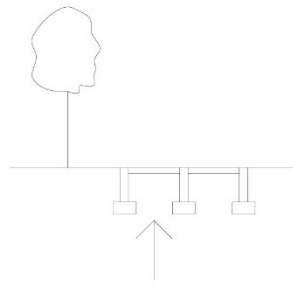
Le **patrimoine industriel** est aussi un élément important qui peut être valorisé dans le cadre de la réhabilitation d'un site. S'ils sont conservés, les éléments architecturaux tels que les poutres métalliques, les cheminées ou les façades en briques créent une ambiance authentique et unique. La préservation de l'héritage industriel offre des avantages économiques, sociaux et culturels. Les bâtiments historiques peuvent être restaurés pour créer un espace de travail innovant et inspirant, attirant ainsi de nouvelles entreprises et créant des emplois. La réhabilitation des sites industriels offre également l'opportunité de préserver le patrimoine industriel local. En effet, ces sites représentent souvent une partie importante de l'histoire de la ville et de son développement économique. La transformation de ces bâtiments en espaces de vie et de travail est donc une manière de valoriser le passé industriel de la ville. La réhabilitation de ces bâtiments permet alors une meilleure intégration de l'histoire locale dans le développement urbain.

Le **plan libre** des bâtiments industriels est un autre atout à exploiter lors de la réhabilitation. Les espaces ouverts et polyvalents permettent de créer des ambiances variées et des configurations flexibles, qui peuvent s'adapter aux besoins des occupants. Les **sites en friche** sont également une opportunité, car ils offrent un potentiel de développement important, notamment en termes d'aménagement urbain et de revitalisation des quartiers. La réhabilitation des friches industrielles assure une meilleure intégration des espaces verts dans le tissu urbain. Enfin, les **connexions aux infrastructures**, telles que les réseaux de transport, les réseaux d'eau et d'électricité, sont un atout majeur de ces sites industriels, car ils offrent une grande accessibilité et une connectivité optimale.

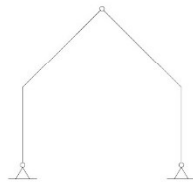
La réhabilitation d'un site industriel offre donc de nombreuses opportunités pour le développement de nouveaux projets. La **diversité des typologies**, les **matériaux résilients**, le **patrimoine industriel**, le **plan libre**, les **sites en friche** (Figure 32 **Erreur ! Source du renvoi introuvable.**), les **connexions aux infrastructures**, les **surfaces généreuses**, la **hauteur sous plafond**, les **espaces extérieurs généreux** et l'**éclairage naturel** (Figure 33 **Erreur ! Source du renvoi introuvable.**) sont autant d'opportunités à exploiter pour créer de nouveaux espaces innovants et attractifs dans le cadre d'une méthode d'intervention résiliente.



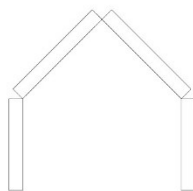
Infrastructures



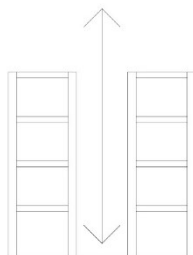
Sols



Structures



Enveloppes



Cavités

Figure 34 © Production personnelle

### 3.3. Eléments résilients en regard des matériaux

La réhabilitation d'un bâti industriel nécessite une identification et une évaluation minutieuse des éléments résilients qui peuvent affecter la capacité du site à résister et à s'adapter à l'évolution des usages et des fonctions de la vie du bâti. Les éléments résilients d'un site industriel incluent les infrastructures, les sols, les structures, l'enveloppe et les cavités (Figure 34). Ces éléments présentent des propriétés de résilience qui leur permettent de résister à des conditions environnementales difficiles et à l'usure due à l'utilisation passée du site. La résilience des éléments sur un site industriel est une considération importante dans la planification de la réhabilitation de ce site.

Ces éléments présentent des caractéristiques architecturales qui permettent des enjeux de résilience. En effet, ces éléments d'architecture présentent au moins une ou des ressources. La redondance, la division, l'uniformité, la robustesse et la richesse des éléments permettent à l'architecture de ces éléments d'être résiliente. Ils présentent des ressources nécessaires à la résilience et permettent de l'évolutivité, de la stabilité, de la réutilisabilité, de la durabilité et de la réversibilité qui sont les paramètres interdépendants de la résilience.

Il est crucial d'identifier et d'évaluer ces éléments résilients afin de comprendre la capacité du site industriel à résister et à s'adapter aux perturbations potentielles. En identifiant ces éléments, il est possible d'élaborer une réhabilitation qui prend en compte les vulnérabilités potentielles et les possibilités d'amélioration de la résilience. Aussi, la prise en compte de ces éléments dans la réhabilitation peut contribuer à renforcer la relation avec la communauté locale en montrant un engagement durable et respectueux. Et une importance particulière doit être portée à l'interaction entre ces éléments résilients et les matériaux qui les constituent.

Ce catalogue des différents éléments résilients est une proposition qui résulte de recherches personnelles, de connaissances accumulées lors de mon parcours à LOCI et de sources scientifiques sur l'adaptabilité<sup>87</sup>, la réversibilité<sup>88</sup> et la résistance d'une architecture. La réutilisation adaptative<sup>89</sup>, la réutilisation adaptative des bâtiments patrimoniaux<sup>90</sup> ainsi que la théorie associée ont aussi été une ressource pour permettre la proposition de ces éléments résilients.

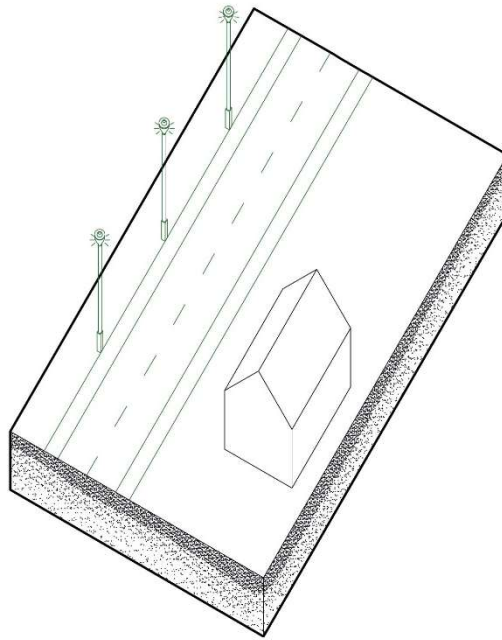
---

<sup>87</sup> SCHMIDT III Robert, Austin S. (2016). *Adaptable Architecture: Theory and practice*. Routledge

<sup>88</sup> RUBIN, Patrick. (2017). *Construire réversible*. Canal architecture

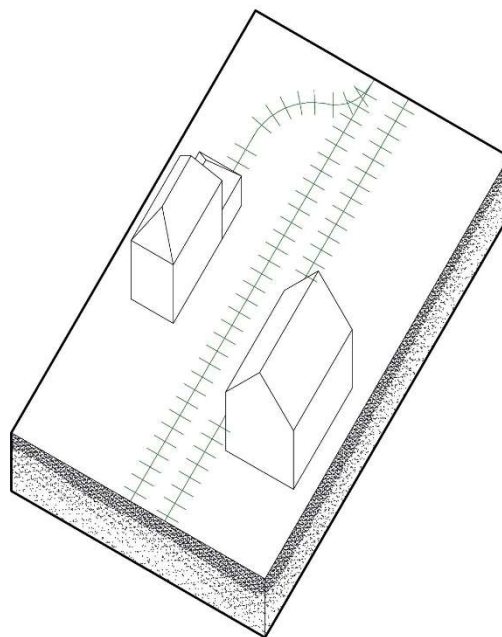
<sup>89</sup> LANZ Francesca, Pendlebury J. (2022) *Adaptive reuse: a critical review*, The Journal of Architecture, 27:2-3, 441-462

<sup>90</sup> FATEMEH H. Arfa, Z. H., L. B. & Q. W. (2022). *Adaptive Reuse of Heritage Buildings : From a Literature Review to a Model of Practice*, The Historic Environment: Policy & Practice, 13:2, 148-170



Voiries et axes routiers

Figure 35 © Dubois-Jacquemin-Kozyreff



Rails et chemins de fer

Figure 36 © Dubois-Jacquemin-Kozyreff

### 3.3.1. Les infrastructures

Lors de la réhabilitation d'un site industriel, plusieurs éléments résilients relatifs aux infrastructures peuvent être identifiés, tels que les voiries et axes routiers, les rails, les chemins de fer, les cours d'eau et les énergies. Ces éléments peuvent être considérés comme résilients car ils sont capables de résister et de s'adapter rapidement aux perturbations. Leur résilience est principalement liée à leurs matériaux et à leur conception, qui sont souvent adaptés aux exigences environnementales et aux contraintes de l'industrie. Ils représentent donc une opportunité pour une réhabilitation efficace et durable.

#### Les voiries et axes routiers :

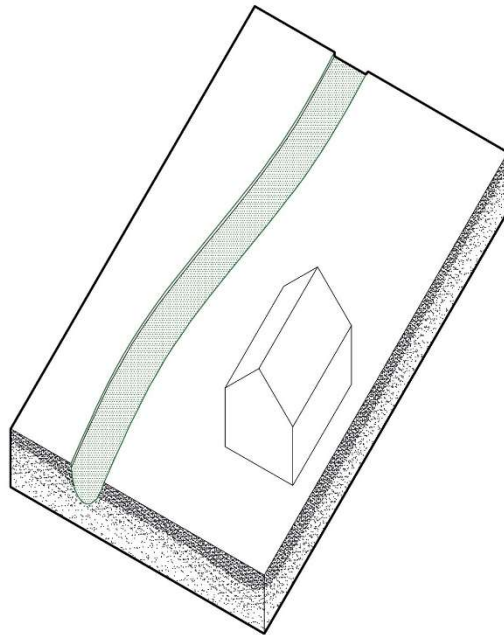
Les voiries et les axes routiers sont des éléments clés de l'infrastructure d'un site industriel car ils assurent la mobilité des utilisateurs (Figure 35). Ils sont généralement construits avec des matériaux résilients tels que le béton, l'asphalte ou le pavé, qui sont capables de supporter des charges importantes et de récupérer rapidement des dommages mineurs. La stabilisation des sols et la réutilisation des matériaux ont également contribué à améliorer la résilience des voiries et des axes routiers. Aussi, les granulats d'asphalte recyclé peuvent être utilisés et augmentent la résilience des routes tout en réduisant l'impact environnemental de la construction routière. Les voiries et axes routiers dans et aux alentours du site industriel sont donc des éléments résilients et forment une réelle opportunité pour la réhabilitation.

#### Rails et chemins de fer :

Lors de la réhabilitation d'un site industriel, la présence de rails et de chemins de fer peut être considérée comme un élément résilient et une réelle opportunité (Figure 36). En effet, ces éléments sont robustes, durables et résilients au regard de leurs matériaux. Les rails en acier sont conçus pour résister à des charges et des contraintes importantes en conservant leur intégrité structurelle. Par ailleurs, les chemins de fer sont souvent intégrés dans le paysage et possèdent une forte valeur patrimoniale. Cela les rend difficiles à supprimer ou à modifier.

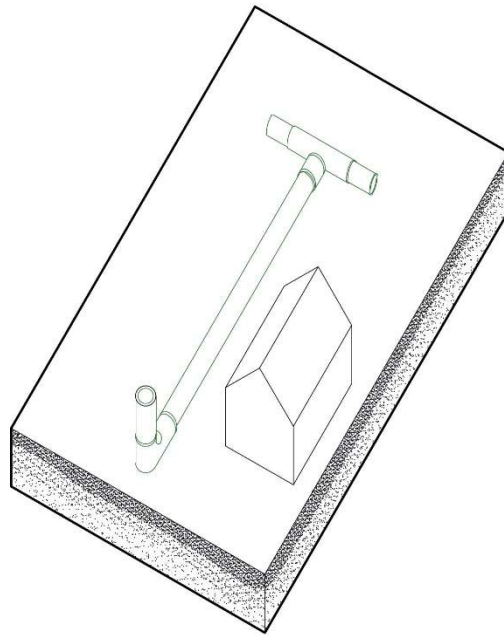
Dans le cadre de la réhabilitation d'un site industriel, la présence de rails et de chemins de fer peut être utilisée pour créer des opportunités de développement économique et social. Les rails peuvent être réutilisés pour le transport de marchandises et de matériaux vers et depuis le site réhabilité, ce qui réduit les coûts de transport et améliore l'efficacité logistique. De plus, les anciennes voies ferrées peuvent être transformées en pistes cyclables ou en sentiers de randonnée afin de stimuler le tourisme local et améliorer la qualité de vie des habitants de la région et du quartier.

La présence de rails et de chemins de fer sur un site industriel est donc considérée comme un élément résilient et une réelle opportunité pour sa réhabilitation. En utilisant ces éléments dans la planification de la reconversion du site, il est possible de créer un projet innovant et qualitatif tout en préservant l'intégrité structurelle et patrimoniale de ces éléments.



Cours d'eau

Figure 37 © Dubois-Jacquemin-Kozyreff



Energies

Figure 38 © Dubois-Jacquemin-Kozyreff

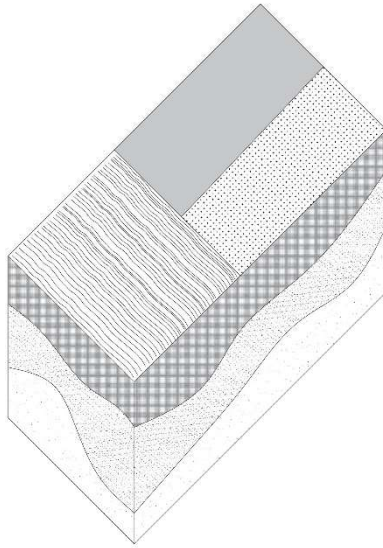
### Les cours d'eau :

Les cours d'eau proches d'un site industriel peuvent être considérés comme des éléments résilients et une opportunité lors de la réhabilitation de ces sites (Figure 37). En effet, ces cours d'eau sont capables de s'adapter aux perturbations environnementales, y compris aux contaminants industriels, grâce à leur capacité de régénération naturelle. La présence de végétation aquatique dans les cours d'eau joue un rôle important dans la réduction de la toxicité des contaminants et contribue ainsi à la résilience du système aquatique. Les cours d'eau proches d'un site industriel sont donc des éléments résilients qui peuvent contribuer de manière significative à la réhabilitation des sites industriels, en particulier lorsque ces éléments sont combinés avec des techniques de dépollution innovantes et respectueuses de l'environnement.

### Les installations énergétiques :

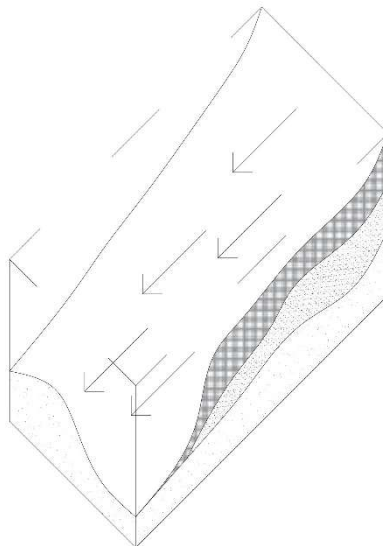
Les installations énergétiques d'un site industriel sont des éléments résilients et une réelle opportunité lors de sa réhabilitation (Figure 38). La résilience des installations énergétiques réside dans la capacité des installations à récupérer, stocker et redistribuer l'énergie, en tirant parti des matériaux disponibles sur place. Cette approche permet de réduire les coûts énergétiques tout en minimisant l'empreinte environnementale de la réhabilitation. La réutilisation des installations énergétiques existantes lors de la réhabilitation d'un site industriel offre une solution durable et économique.

Les matériaux présents sur le site industriel jouent un rôle clé dans la résilience énergétique. En utilisant les infrastructures et les équipements existants, tels que les réseaux de distribution électrique et d'eau, les systèmes de stockage d'énergie et les bâtiments techniques tel que les cabines haute tension, on exploite la résilience des matériaux qui y sont liés. La réutilisation de ces matériaux permet d'éviter leur élimination coûteuse et polluante. La composition avec les énergies d'un site industriel offre donc une approche durable et résiliente pour sa réhabilitation.



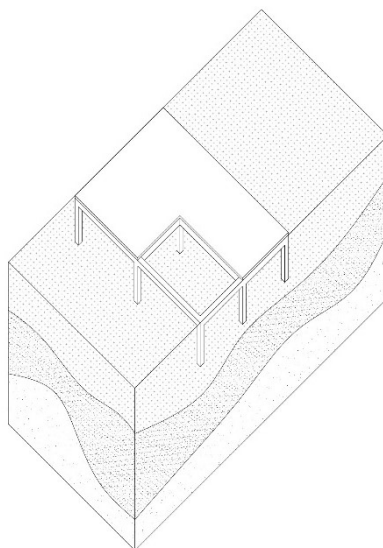
Nature du sol

Figure 39 © Production personnelle



Topographie

Figure 40 © Production personnelle



Dalles et fondations

Figure 41 © Production personnelle

### 3.3.2. Les sols

Lors de la réhabilitation d'un bâti industriel, les éléments relatifs au sol peuvent être résilients. La nature du sol, la topographie, les dalles et les fondations sont des éléments résilients qui peuvent être utilisés à leur plein potentiel.

#### La nature du sol :

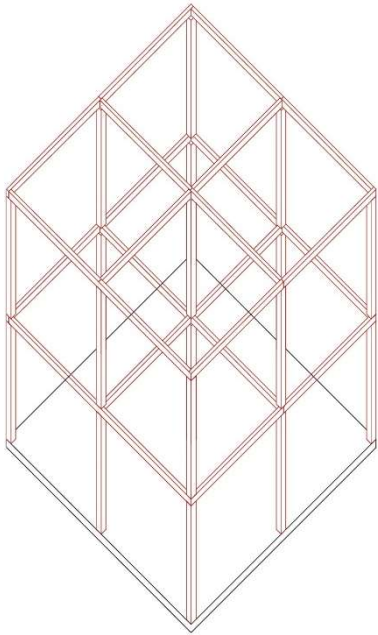
La nature du sol est l'un des éléments les plus importants à considérer lors de la réhabilitation d'un site industriel (Figure 39). Les sols peuvent être classés en différentes catégories en fonction de leur composition, de leur structure et de leur comportement mécanique. Les sols argileux, par exemple, présentent une faible perméabilité et une forte capacité de rétention d'eau, ce qui peut avoir des implications importantes pour la réhabilitation d'un site industriel. La nature du sol et le revêtement de celui-ci présente des enjeux de résilience. Un sol résistant et compact sera donc plus résilient qu'un sol meuble et gorgé d'eau.

#### La topographie :

La topographie est un autre élément résilient important pour la réhabilitation d'un site industriel (Figure 40). La topographie influence l'écoulement des eaux de surface et la répartition des charges sur le sol. En utilisant les reliefs naturels du site, on peut concevoir des solutions qui permettent de réduire les coûts de construction et de minimiser les impacts environnementaux. Une topographie présentant une forte déclivité peut être utilisée pour concevoir des toits verts qui contribuent à la gestion des eaux de pluie et à la régulation thermique, mais cette topographie offre moins d'adaptabilité et de résistance pour l'implantation de nouveaux volumes. C'est aussi un élément résilient quand une déclivité faible permet d'avoir des accès faciles et un sol résistant ce qui est un potentiel de (re)construction aisée sur un sol égal.

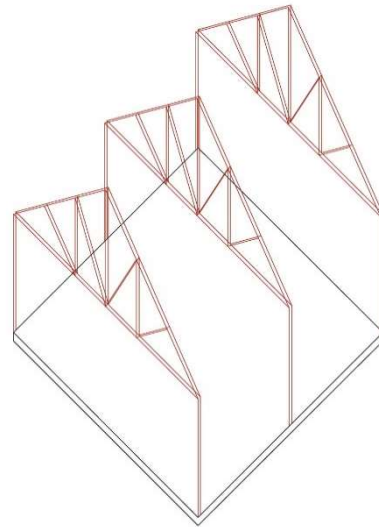
#### Les dalles et fondations :

Les dalles et les fondations sont des éléments clés de l'infrastructure d'un site industriel et présentent des caractéristiques de résilience dans le cadre de leur réhabilitation (Figure 41). Les dalles et fondations de bâtis industriels sont souvent dimensionnées pour l'utilisation de machines et d'équipement lourds. Ce sont donc des éléments résilients car ils sont très résistants et adaptables à d'autres utilisations. Les dalles et fondations existantes sur le site peuvent également être utilisées pour créer des solutions durables. Les dalles de béton peuvent être réutilisées et recyclées pour créer des structures supplémentaires ou des fondations pour de nouveaux bâtiments. Des dalles en béton peuvent aussi être fabriquées avec des granulats recyclés du site, ce qui permet de réduire l'empreinte environnementale de la réhabilitation tout en conservant les propriétés mécaniques requises.



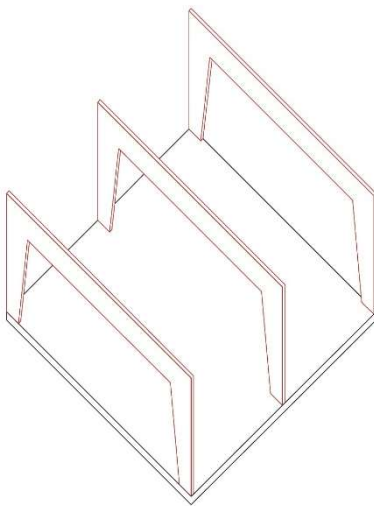
Poteaux-poutres

Figure 44 © Dubois-Jacquemin-Kozyreff



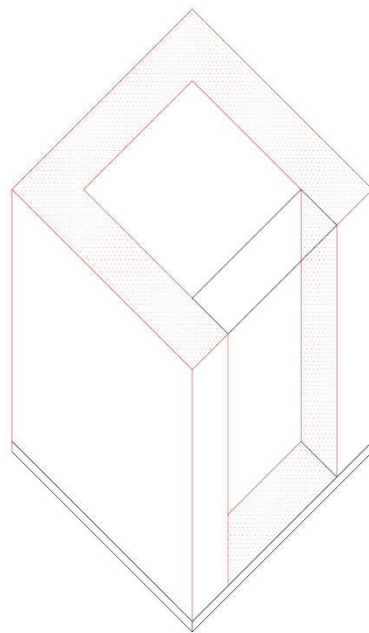
Fermes de charpente

Figure 43 © Dubois-Jacquemin-Kozyreff



Portiques

Figure 42 © Dubois-Jacquemin-Kozyreff



Murs massifs

Figure 45 © Production personnelle

### 3.3.3. Les structures

La réhabilitation d'un site industriel nécessite une évaluation minutieuse des éléments résilients des structures présentes sur le site, tels que les poteaux, les poutres, les fermes, les portiques et les murs massifs. Ces éléments sont résilients car ils sont capables de résister aux charges importantes, notamment les forces de compression, de traction, de flexion et de cisaillement, et de maintenir leur intégrité structurelle malgré les contraintes environnementales. De plus, ces éléments sont une réelle opportunité en regard de leurs matériaux, qui peuvent être réutilisés ou recyclés, offrant ainsi une solution durable et écologique.

#### Les poteaux-poutres :

Le système de poteaux-poutres est un système constructif que l'on peut retrouver dans un bâti industriel (Figure 44). Ce système constructif est très résilient. Le béton est un matériau très résistant en compression, ce qui en fait un choix populaire pour les colonnes, poteaux et poutres d'un bâtiment industriel. Ceux-ci peuvent résister à des charges importantes, tout en étant capables de fléchir légèrement sous des charges comme les vibrations causées par le passage de machines lourdes. De son côté, l'acier est souvent utilisé pour sa résistance à la corrosion et à l'usure. Les éléments en acier ont une grande résistance à la traction et à la flexion, ainsi qu'une capacité de charge importante. De plus, l'acier est un matériau recyclable, offrant ainsi une solution durable pour la réhabilitation du site.

#### Les fermes de charpente :

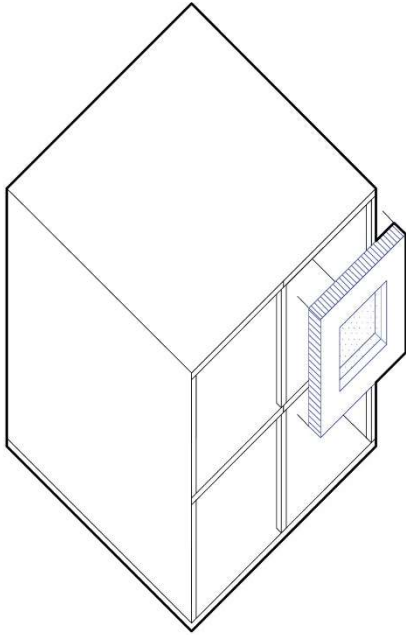
Les fermes sont des éléments triangulaires qui soutiennent la toiture (Figure 43). Les fermes en acier ont une grande résistance à la flexion et à la torsion, ainsi qu'une capacité de charge importante. En outre, les fermes de charpente en acier sont souvent utilisées en raison de leur légèreté, de leur résistance à la corrosion et de leur capacité à être facilement assemblées. Elles sont aisément adaptables et évolutives et permettent de franchir de grandes portées. De plus, l'acier est un matériau recyclable, offrant ainsi une solution écologique pour la réhabilitation du site.

#### Les portiques :

Les portiques sont des éléments qui soutiennent les charges du toit et des murs (Figure 42). Les portiques en béton ou en acier ont une grande résistance à la compression, à la traction et à la flexion, ainsi qu'une grande durabilité. Les portiques sont conçus pour être extrêmement solides et offrir une grande surface libre au sol. Ils sont donc des éléments très résilients.

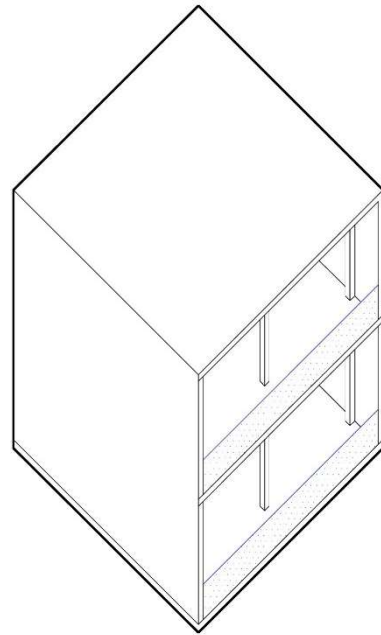
#### Les murs massifs :

Les murs en béton ou en brique ont une grande résistance à la compression ainsi qu'une grande durabilité (Figure 45). Les murs massifs de bâti industriel sont conçus pour être robustes et exposés à une activité d'industrie qui comprend des vibrations et des chocs. Ils sont donc résilients lors d'une réhabilitation.



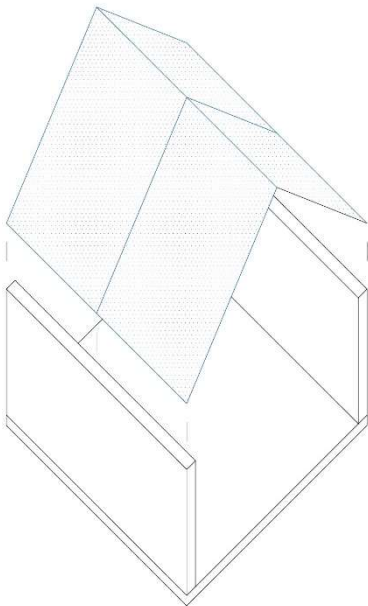
Remplissage

Figure 48 © Dubois-Jacquemin-Kozyreff



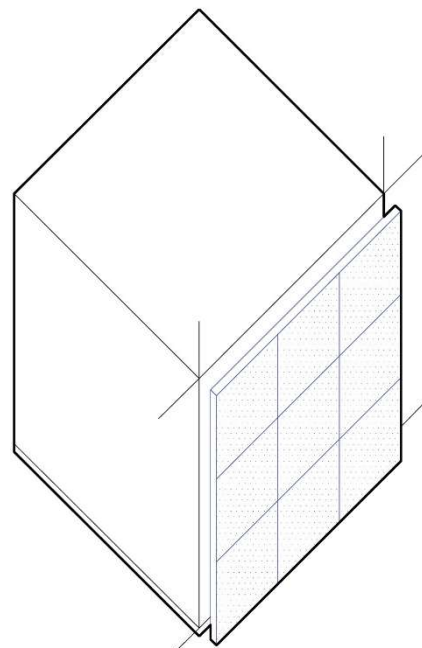
Façade libre

Figure 47 © Dubois-Jacquemin-Kozyreff



Toiture

Figure 49 © Production personnelle



Façade rideau

Figure 46 © Dubois-Jacquemin-Kozyreff

#### 3.3.4. Les enveloppes

Dans cette partie sont étudiées les différentes composantes de l'enveloppe des bâtiments industriels ainsi que leur résilience. Selon le mode constructif du bâti, c'est l'adaptabilité de l'enveloppe d'un bâtiment industriel qui peut être plus ou moins résiliente. Les éléments résilients de l'enveloppe d'un bâti industriel sont le remplissage, la façade libre, la toiture et la façade rideau.

##### Les remplissages :

La méthode du remplissage (Figure 48) est un élément essentiel de l'enveloppe du bâtiment et présente des caractéristiques de résilience puisqu'elle est assez flexible et durable. En effet, les matériaux mis en œuvre peuvent être démontés et remplacés au besoin. Ce mode constructif permet une grande adaptabilité car il permet de pouvoir changer en fonction des usages le mode de remplissage des façades des bâtiments. Favorisé par un système constructif avec des appuis ponctuels, le remplissage permet des enjeux de résilience.

##### Les façades libres :

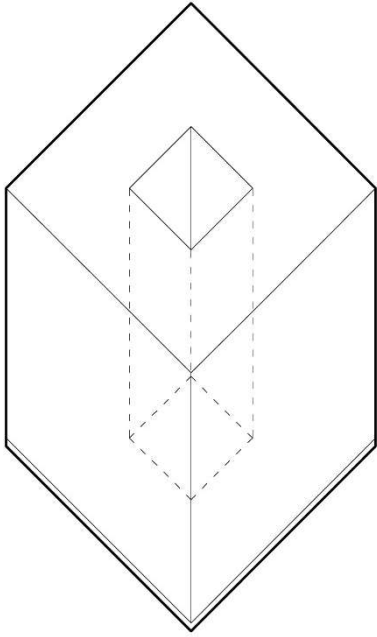
La façade libre présente des caractéristiques résilientes et adaptatives (Figure 47). Les matériaux utilisés dans la façade libre, tels que les vitrages ou des revêtements, peuvent être choisis pour leur résistance aux intempéries et leur capacité à maximiser l'entrée de lumière. En intégrant des solutions telles que des murs à double peau, la façade libre peut également favoriser l'adaptabilité du bâtiment en permettant des ajustements futurs en fonction des besoins changeants des occupants ou des conditions. Aussi, les façades libres permettent de pouvoir facilement ajouter des extensions car les ouvertures dans la façade sont déjà présentes.

##### Les toitures :

La toiture est un autre élément important de l'enveloppe du bâtiment qui peut être résilient (Figure 49). Le mode constructif de toiture des bâtis industriels permet le remplacement de la couverture ou la suppression dans le cadre d'une intervention architecturale. Les matériaux tels que les tôles permettent d'être changés si un élément est cassé, ou remplacés par une couverture transparente qui procure de la lumière naturelle. Le mode constructif des fermes de charpentes ou des toitures plates des bâtis industriels permet une grande adaptabilité de la couverture en toiture. La toiture est donc un élément résilient du bâti industriel.

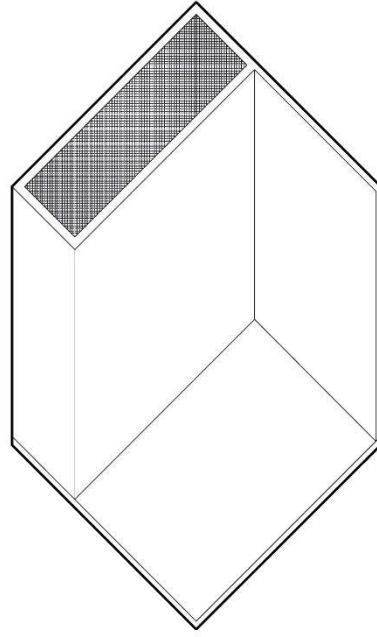
##### Les façades rideaux :

La façade rideau offre une résistance structurelle et une adaptabilité importante (Figure 46). Les matériaux utilisés, tels que le verre, la tôle ou la brique, sont choisis pour leur résistance aux charges et aux contraintes. Les systèmes de façade rideau peuvent être conçus pour être modulaires et offrir une flexibilité dans la disposition des éléments, permettant ainsi des modifications ultérieures du bâtiment. De plus, les façades rideaux peuvent être conçues pour optimiser l'entrée de lumière naturelle et favoriser les grandes ouvertures pour des usages variés.



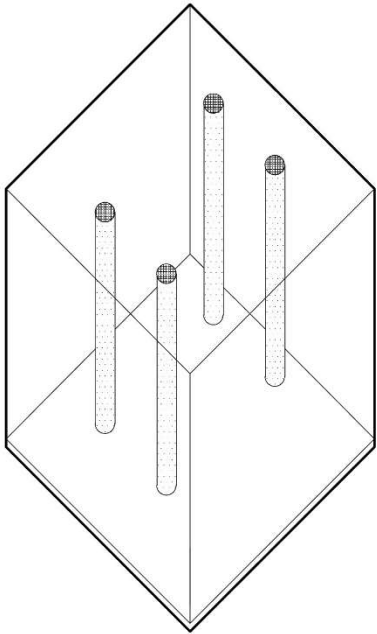
Trémie

Figure 51 © Dubois-Jacquemin-Kozyreff



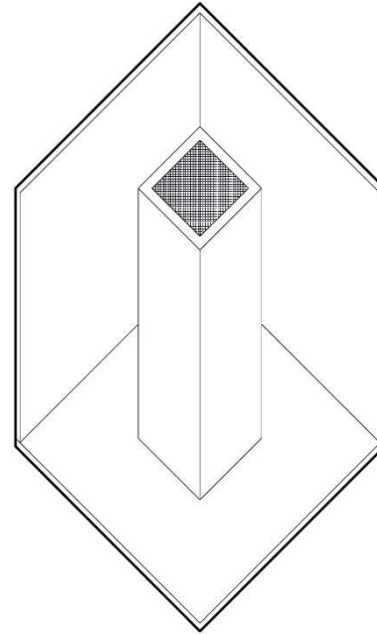
Travée

Figure 50 © Dubois-Jacquemin-Kozyreff



Gaines

Figure 52 © Dubois-Jacquemin-Kozyreff



Noyau

Figure 53 © Dubois-Jacquemin-Kozyreff

### 3.3.5. Les cavités

Les cavités et équipements d'un bâtiment industriel sont également des éléments résilients. La capacité d'adaptation et de résistance des cavités est un aspect clé de leur résilience, car elle leur permet de fonctionner de manière fiable et efficace dans des environnements variables et changeants. Les matériaux de ces équipements sont cruciaux pour assurer leur résilience et leur durabilité dans le temps.

#### Les trémies :

Les trémies sont des éléments résilients (Figure 51). Souvent utilisées pour faciliter le transfert vertical des matériaux, elles jouent un rôle essentiel dans la résilience des sites industriels. Leur construction souvent en béton armé leur confère une résistance structurelle élevée, les rendant capables de supporter des charges importantes et de résister à des conditions extrêmes. Le béton armé permet ainsi d'assurer leur durabilité et leur capacité à faire face aux contraintes. De plus, elles sont dimensionnées pour différentes fonctions, ce qui leur permet d'être facilement réhabilitées.

#### Les travées :

Les travées (Figure 50), qui fournissent des capacités d'espace et de circulation à l'intérieur des bâtiments industriels, sont également des éléments résilients importants. Les matériaux utilisés dans la construction des travées peuvent avoir un impact significatif sur leur résilience. L'utilisation de structures métalliques et des matériaux utilisés dans les travées du bâti industriel confère une résistance structurelle élevée, tout en permettant une flexibilité et une adaptabilité aux changements de configuration de l'espace intérieur. Les travées sont résilientes car elles sont conçues pour s'adapter à différents types de charges et de forces, ainsi qu'à des changements d'usage.

#### Les gaines :

Les gaines sont résilientes car elles sont conçues pour s'adapter à différents types de fluides et de matériaux transportés (Figure 52). Ainsi, les gaines électriques peuvent s'adapter à différents types de câbles et de tensions électriques. Elles sont résilientes car elles sont souvent faciles à remplacer ou à réhabiliter en cas de dommage ou de corrosion. Les conduits d'air peuvent être nettoyés ou réparés facilement en cas de contamination ou de dommage, tandis que les canalisations peuvent être réhabilitées.

#### Les noyaux :

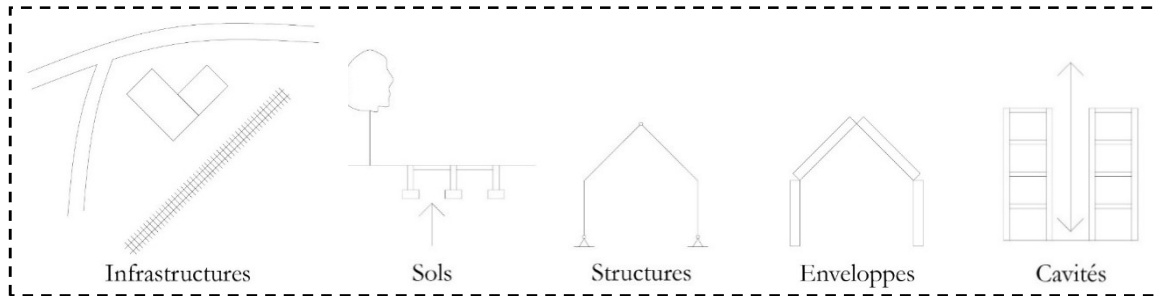
Les noyaux (Figure 53), en tant qu'éléments structurels centraux, jouent un rôle fondamental dans la résilience des bâtiments industriels en offrant une stabilité structurelle et une protection contre les contraintes externes. Les matériaux utilisés dans la construction des noyaux, tels que le béton, donnent une résistance accrue aux charges verticales et horizontales. La robustesse permet aussi aux noyaux d'accueillir différentes fonctions.

# Hypothèse de mode d'intervention résiliente

Opportunités d'un site industriel



Eléments résilients



3R comme mode d'intervention résilient



Méthode de réhabilitation résiliente

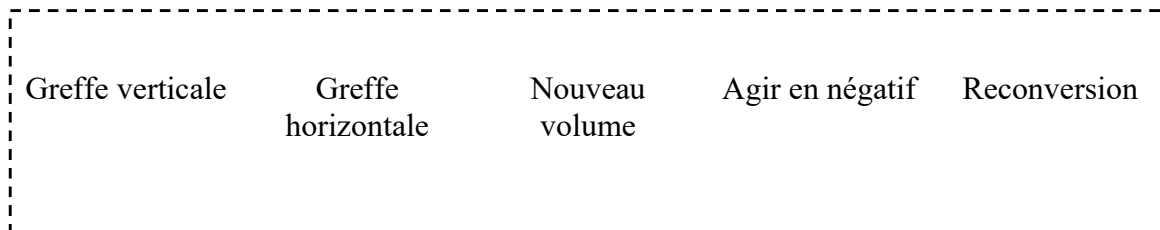


Figure 54 © Production personnelle

### 3.4. Synthèse : Hypothèse de mode d'intervention résiliente

Cette synthèse clôture le troisième et dernier chapitre sur les éléments résilients, leurs potentialités dans la réhabilitation ainsi que les méthodes de recyclage, de réduction et de réutilisation des matériaux qui composent ces éléments. La résilience des infrastructures, des sols, des structures, des enveloppes et des cavités permet de baser la méthode d'intervention résiliente sur la capacité de résistance et d'adaptabilité de ces éléments. La réduction des interventions, la réutilisation de l'existant et le recyclage des matériaux de construction permettent d'identifier cinq actions de réhabilitation du bâti industriel. Ces interventions sont résilientes et tiennent compte de l'identification des éléments architecturaux résilients du bâti industriel. Les interventions sont réalisées sur base d'un mode de construction résilient, qui permet l'adaptabilité et la résistance de l'architecture (Figure 54).

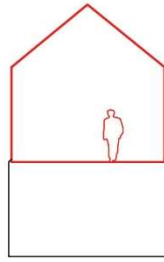
L'hypothèse de mode d'intervention résiliente comme vecteur de réhabilitation se traduit par la greffe verticale, la greffe horizontale, la construction de nouveaux volumes indépendants, le fait d'agir en négatif ainsi que la reconversion du bâti (Figure 55).

#### 3.4.1. *Greffe verticale*

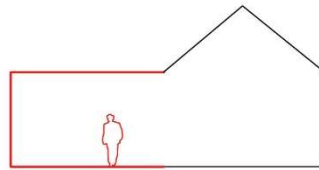
La greffe verticale consiste à intervenir au moyen de nouveaux volumes au-dessus de l'existant. Ce mode d'intervention tire parti des enjeux résilients des structures, du sol et des cavités. Ainsi, il est possible d'ajouter des nouveaux volumes au-dessus d'ateliers présentant une structure béton poteaux-poutres. Avec des matériaux résilients et durables, ce mode constructif rend cette intervention résistante et adaptable.

#### 3.4.2. *Greffe horizontale*

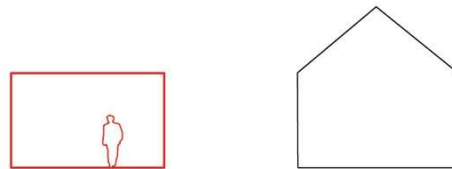
La greffe horizontale consiste à ajouter des extensions aux volumes existants. Ce mode d'intervention tire parti des éléments résilients mis en évidence pour proposer de nouveaux volumes résistants et adaptables. La construction de ces nouveaux volumes crée des nouveaux dialogues avec les bâtiments anciens comme de nouvelles ouvertures. Dans le respect des valeurs patrimoniales du bâti identifiées, la création de ces nouveaux volumes permet de réhabiliter les bâtiments dans une logique de résilience.



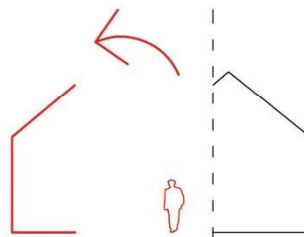
Greffe verticale



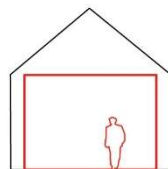
Greffe horizontale



Nouveau volume



Agir en négatif



Reconversion

Figure 55 Production personnelle

#### 3.4.3. *Nouveau volume*

L'ajout de nouveaux volumes tire parti des opportunités du site et des éléments relatifs aux infrastructures et au sol qui sont résilients pour proposer une nouvelle architecture résiliente en adéquation avec le patrimoine et avec la résilience globale du site.

#### 3.4.4. *Agir en négatif*<sup>91</sup>

L'action en négatif consiste à supprimer des structures ou des parties du bâti industriel qui ne sont pas résilientes ou qui ne présentent pas de valeurs patrimoniales intéressantes afin de générer de nouveaux espaces. Ce mode d'intervention crée des nouvelles cavités et des nouvelles façades qui présentent à leur tour des capacités de résilience.

#### 3.4.5. *Reconversion*

La reconversion consiste en la conservation de l'existant en tenant compte des valeurs patrimoniales avec la volonté de redonner des valeurs d'usage<sup>92</sup>. Ce mode constructif résilient prend en compte l'existant et compose avec celui-ci. Le mode constructif des interventions permet de l'adaptabilité et de la réversibilité.

---

<sup>91</sup> REAL, Emmanuelle (2015). *Reconversions. L'architecture industrielle réinventée*. 157

<sup>92</sup> REAL, Emmanuelle (2015). *Reconversions. L'architecture industrielle réinventée*.

# Conclusion

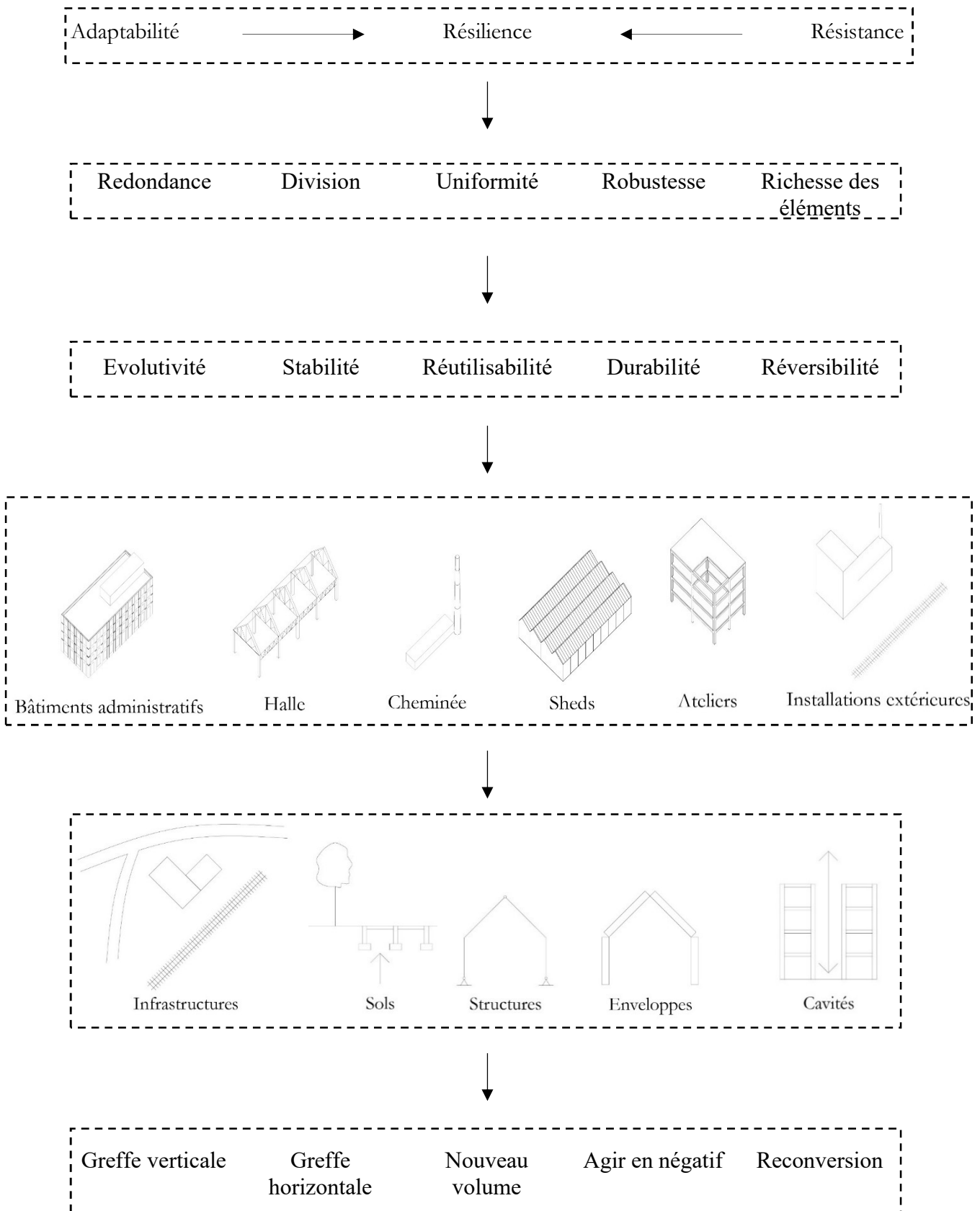


Figure 56 © Production personnelle

## Conclusion

Ce travail présente une hypothèse de méthodologie d'intervention résiliente comme vecteur de réhabilitation du patrimoine bâti industriel. L'hypothèse de méthodologie se base sur plusieurs paramètres qui ont été développés.

Dans un premier temps, il est important d'identifier clairement les ressources de la résilience qui sont repérables comme des éléments de l'architecture. Ainsi, la redondance, la division, l'uniformité, la robustesse et la richesses des éléments de l'architecture du bâti étudié sont des ressources qui favorisent la résilience. Les paramètres interdépendants que sont l'évolution, la stabilité, la réutilisabilité, la durabilité et la flexibilité sont des dimensions dans lesquelles la résilience peut s'exprimer.

Dans un second temps, l'identification des types de bâti industriel, leurs valeurs et leurs caractéristiques résilientes permet de cibler le sujet et de comprendre en quoi le bâti industriel peut être une architecture résiliente. Il est proposé de distinguer les bâtiments administratifs, les halles, les cheminées, les sheds, les ateliers et les installations extérieurs au bâti. Ces types présentent différents enjeux et différentes qualités de résilience. De plus, un bâtiment peut avoir plusieurs vies. Ce fait entre dans une logique résiliente de résistance et d'adaptabilité du bâti. Aussi, l'interaction entre les enjeux de résilience et les valeurs patrimoniales associées à la théorie de la restauration met en évidence que la stratégie d'intervention résiliente peut être un vecteur de réhabilitation du patrimoine industriel.

Enfin, la proposition de méthode d'intervention résiliente consiste à repérer les opportunités du bâti industriel pour le projet de réhabilitation, d'identifier les éléments d'architecture qui sont résilients, en quoi ils sont résilients, et d'intervenir par la réduction, la réutilisation et le recyclage des matériaux pour réhabiliter le site selon cinq principes résilients : les greffes verticales, les greffes horizontales, ajout de nouveaux volumes, l'action en négatif et la reconversion (Figure 56).



## Limites et perspectives

Ce travail de fin d'études a ses limites. Il propose une hypothèse de méthodologie d'intervention résiliente sur un patrimoine industriel parmi tant de méthodologies et tant de bâtis industriels possibles.

Ce travail tente de mettre en relation le concept de résilience, largement étudié en informatique, en écologie, en psychologie et en territorialité, et d'en appliquer les définitions à l'architecture et à ses structures. Ce sont des hypothèses et des propositions de réflexions qui sont développées sur base des connaissances et des manquements identifiés. L'ambition de ce travail n'est pas d'énoncer des vérités mais de proposer un mode opératoire parmi d'autres. Chaque projet de réhabilitation est unique, résulte de partis pris et c'est cela qui fait de l'architecture un art. Ce n'est donc pas une marche à suivre obligatoire, exhaustive et complète.

Par ailleurs, le travail présente quelques limites par rapport aux valeurs patrimoniales. La résilience telle qu'elle est définie dans ce travail étant avant tout une capacité d'adaptabilité et de résistance, les bâtis à fortes valeurs patrimoniales pourraient ne pas présenter de caractéristiques de résilience. Cela veut-il dire que ceux-ci ne peuvent pas être réhabilités ?

Ce travail pourrait être une base à enrichir d'un catalogue pour la réhabilitation de bâti industriel. C'est une ouverture sur des éléments qui semblent importants aujourd'hui. La réduction de la consommation des ressources est une préoccupation actuelle qui s'inscrit dans la transition écologique de notre monde. La réhabilitation et la résilience sont donc des thématiques liées.

Ce travail est donc une porte d'entrée à la thématique de la résilience en architecture sur du bâti industriel. Pourrait-il s'adapter à d'autres bâtis et faire l'objet de recherches supplémentaires comme les mémoires et les recherches dont s'inspire ce travail ? La méthodologie pourrait-elle être appliquée à d'autres sites industriels dans d'autres régions, avec d'autres valeurs patrimoniales ?



## **PARTIE II : RÉHABILITATION DE L'USINE MÉLOTTE À GEMBOUX**



*Figure 57 © Production personnel*

# 1. Introduction : Usine Mélotte à Gembloux

Cette partie est dédiée à l'application de l'hypothèse de méthodologie d'intervention résiliente comme vecteur de réhabilitation du patrimoine à un cas d'étude choisi. Ce cas d'étude fait l'objet d'un projet d'architecture de réhabilitation dans le cadre du travail de fin d'études.

Le cas d'étude choisi est l'usine Mélotte à Gembloux (Figure 57). L'usine Mélotte fabriquait des charrues et des engins agricoles. Inventeur de la charrue à renommée internationale « la Brabant-double », Alfred Mélotte, le patron et fondateur de l'usine, s'est implanté à Gembloux, dans une région agricole et juste à côté de la ligne de chemin de fer reliant Bruxelles à Namur. L'usine est située entre la chaussée de Wavre et la chaussée de Tirlemont, en face de la gare de Gembloux.

Les informations historiques concernant l'usine Mélotte présentées dans ce travail sont issues de la documentation d'archives du Cercle royal « Art et histoire » de Gembloux et tirées d'un livre<sup>93</sup> qui retrace la vie d'Alfred Mélotte et de son usine.

## Fiche d'identité<sup>94</sup> de l'usine Mélotte

*Nom* : Usine Mélotte

*Architectes* : inconnus / plusieurs phases de construction

*Date de construction* : 1891

*Usage d'origine* : Usine de fabrication d'engins agricoles

*Lieu* : L'usine se situe dans la ville de Gembloux au nord de la gare. Joutée par les voies de chemin de fer, elle se situe entre la chaussée de Wavre, la N4 et la chaussée de Tirlemont.

---

<sup>93</sup> BILLEN Claire, Van Mol J.-J., Heirwegh J.-J. (1997). *Alfred Mélotte : inventeur de charrues*. Ecomusée de la région du Viroin

<sup>94</sup> Idée selon le TFE de GERARD Eline (2023). *Réhabiliter les fermes à cour attenantes à leurs terres agricoles : un appui pour la culture locale ?* p.107

1855	Le 14 juin, Gembloux est raccordé par voie de chemin de fer à Bruxelles
1860	Création de l'institut agronomique de Gembloux
1891	L'usine Mélotte s'installe chaussée de Wavre à Gembloux. Cette usine produit des charrues et engins agricoles. Elle connaît un essor industriel vu son positionnement à proximité du chemin de fer et sa localisation rurale.
1905	Ils obtiennent le grand prix de l'exposition universelle de Liège.
1914	Durant la guerre première guerre mondiale, on déplore d'importants dommages à l'usine
1936	Un grave incendie ravage les bureaux et une partie de l'usine.
1944	L'usine est bombardée durant la seconde guerre mondiale. Le hall de fabrication des machines qui se trouve à front de rue est entièrement détruit
1948	Les grandes halles qui se trouvent à rue sont reconstruites avec une méthode de construction innovante et symbole de l'architecture industrielle.
1975	L'usine ferme.
1976	Le 29 avril, l'usine devient Eurofonderie puisque la société britannique Lucas Girling lui confie la mission de construire des pièces de freins automobile. Les 120 ouvriers et 57 employés restent dans l'usine.
1994	L'entreprise ferme soudainement pour relocaliser sa production.
1996	Le site est racheté. Depuis, le site est abandonné et laissé en friche.
2009	Un incendie endommage une partie de l'usine.
2016	Le 9 mars a lieu la première partie de la démolition du site.
2017	Une première demande de permis d'urbanisme est introduite pour redonner vie au site.
2020	Un plan de remembrement urbain (PRU) est mis en place pour faire de ce site bien situé un nouveau quartier durable avec un grand nombre de nouveaux logements.
2023	Aujourd'hui, le site est squatté et en friche. Les bâtiments, s'ils ne sont pas déjà en ruine, attendent de se faire démolir pour laisser place à un nouveau quartier.

Figure 58 © Production personnelle

## 2. Analyse historique et patrimoniale

### 2.1. Le site

L'usine Mélotte est créée en 1891 par Alfred Mélotte (Figure 58). Connue à l'international pour ses charrues Brabant-double, en 1912, l'usine fonctionnait très bien et a produit 80.000 outils agricoles. L'usine Mélotte était la plus grosse entreprise industrielle de Gembloux, son patron était apprécié et connu dans toute la ville. L'usine était un lieu à forte identité qui représentait l'industrie wallonne à l'international. C'était un symbole pour la ville de Gembloux et la région notamment grâce à la proximité de la gare. La ligne de chemin de fer était directement reliée à l'usine pour acheminer toutes les matières premières et expédier les produits finis. Il y avait aussi dans l'usine une petite fonderie intégrée, ce qui explique notamment la présence de cheminées qui ont été détruites et dont il n'y a plus de traces aujourd'hui.

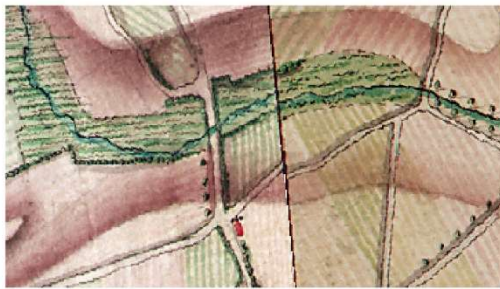
Au commencement, vers la fin du XIXe siècle et au début du XXe, l'usine était composée de structures en sheds à l'arrière de bâtiments administratifs. Les travées des sheds étaient de 7m de large et une grande halle perpendiculaire à la chaussée de Wavre de 15m de large abritait la forge. Le domicile de Monsieur Mélotte se trouvait dans l'usine. Ce n'est que plus tard qu'il a construit son château à l'arrière de l'usine. Ensuite, l'usine qui fonctionnait très bien s'est agrandie et comportait de plus en plus de sheds. On remarque aussi la construction du bâtiment administratif, encore présent aujourd'hui, avant la Seconde Guerre mondiale. Durant celle-ci, les halles présentes à front de rue ont été bombardées pour être reconstruites en 1948. En 1975 l'usine a changé de propriétaire. En 1995, l'usine a été abandonnée suite à la délocalisation de la production. Depuis, le site est en friche et a été partiellement démoli en 2016 pour le projet de la ville qui prévoit la construction d'un nouveau quartier sur le site. Le site et ses bâtiments ont donc eu plusieurs vies et ont subi des changements architecturaux. En fonction de la guerre, des obsolescences, des changements de propriétaire ou des changements de fonction, l'usine Mélotte a traversé le temps grâce à ses éléments d'architecture résilients (Figure 61).

Le propriétaire et patron de l'usine, Alfred Mélotte, possédait son château sur le terrain qui est attenant (Figure 59), au nord de l'usine. Un accès reliait directement le parc du château à l'arrière de l'usine. Alfred Mélotte empruntait cet accès chaque matin et chaque soir. A la fin de sa vie, il était devenu aveugle mais il continuait à passer par l'usine pour rejoindre son bureau tous les jours. Il existe donc un lien historique entre cette usine et le parc du château. Aujourd'hui, le château n'existe plus et il n'y a pas de trace concernant l'emplacement exact de l'accès entre l'usine et le parc. Le parc appartient maintenant à une banque. Le bâtiment de la banque aurait cohabité avec le bâtiment du château qui n'était donc pas au même endroit.

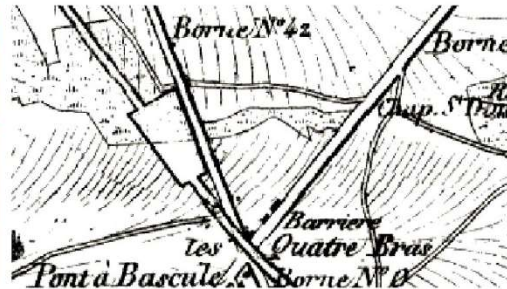


Figure 59 © Production personelle

Bien qu'aucun des bâtiments du site ne soit classé, ils témoignent du passé industriel et productif de la région. Ils possèdent également des qualités structurelles et architecturales ainsi que des valeurs patrimoniales. On retrouve sur le site différents bâtis identifiés dans la recherche théorique comme ayant des caractéristiques de résilience et des valeurs patrimoniales. Ainsi, on retrouve un bâtiment administratif, des ateliers, des grands et petits sheds, une grande halle et des installations extérieures, témoins du passé industriel et productif du site (Figure 62).



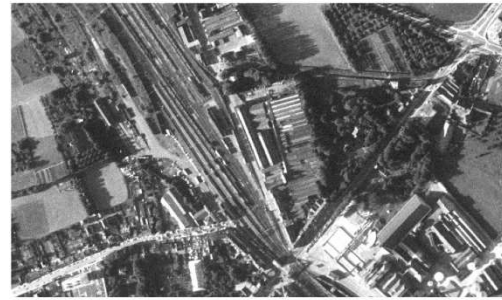
1777



1850



1865



1971

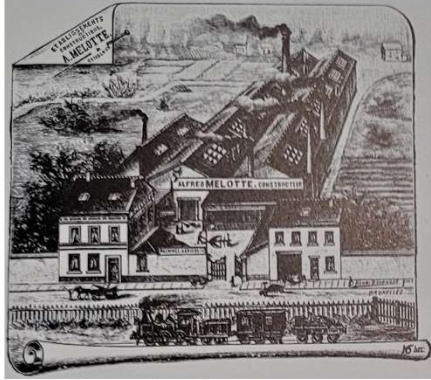


1994

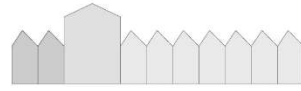


2018

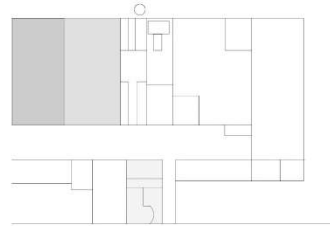
Figure 60 © Production personnelle



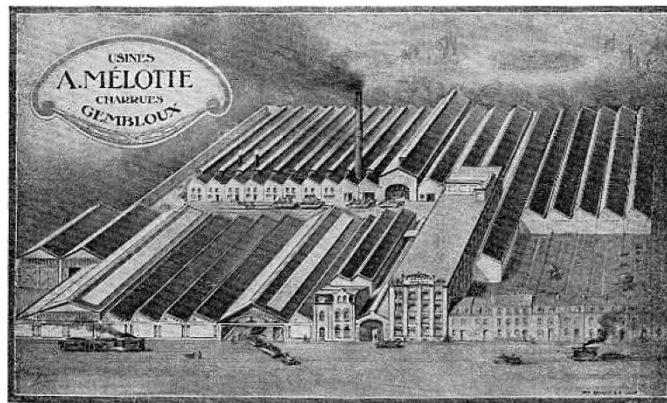
Gravure - début XX<sup>e</sup> siècle



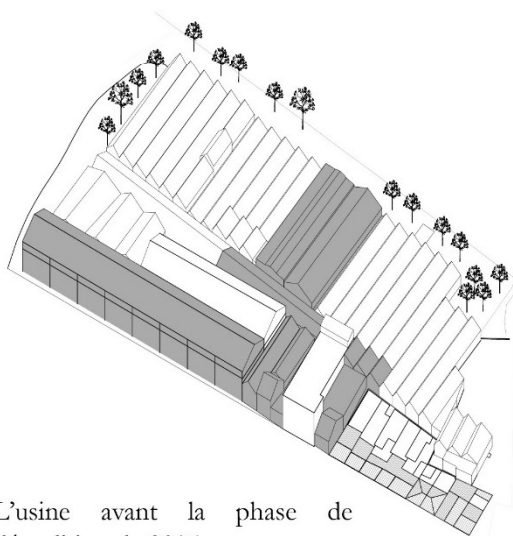
Travées de 7m, une grande de 15m, structures en sheds, position de l'habitat



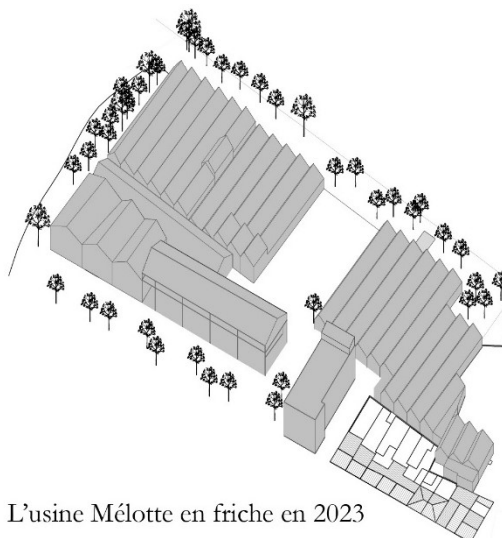
Croquis de l'entreprise au début du XX<sup>e</sup> siècle



Evolution de l'usine au milieu du XX<sup>e</sup> siècle - Avant 1944



L'usine avant la phase de démolition de 2016



L'usine Mélotte en friche en 2023

Figure 61 © Production personnelle

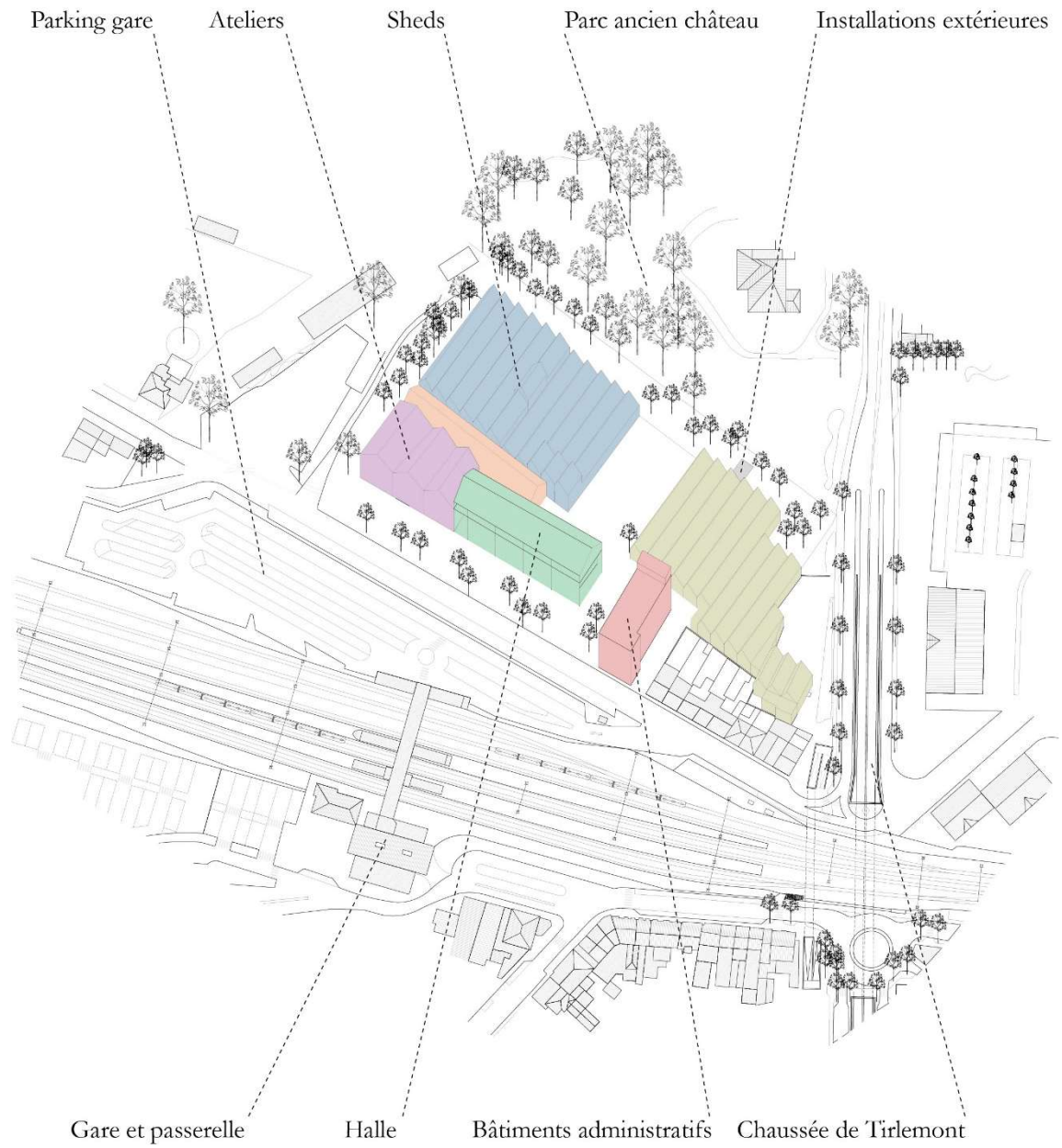
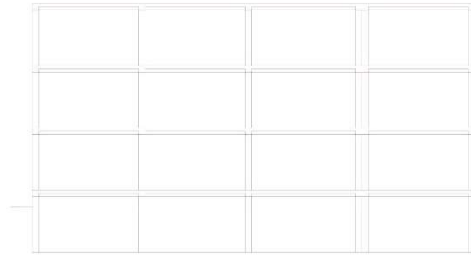
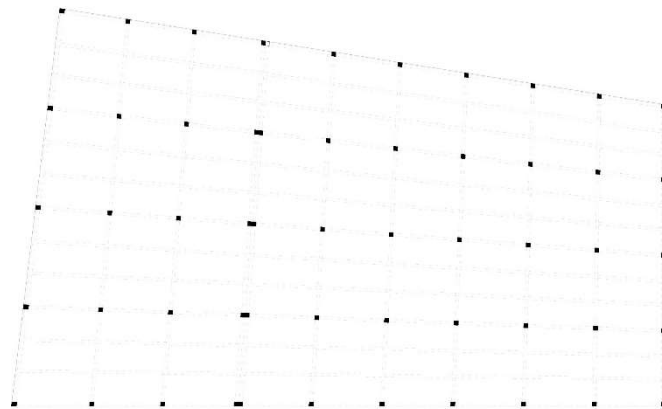


Figure 62 © Production personnelle

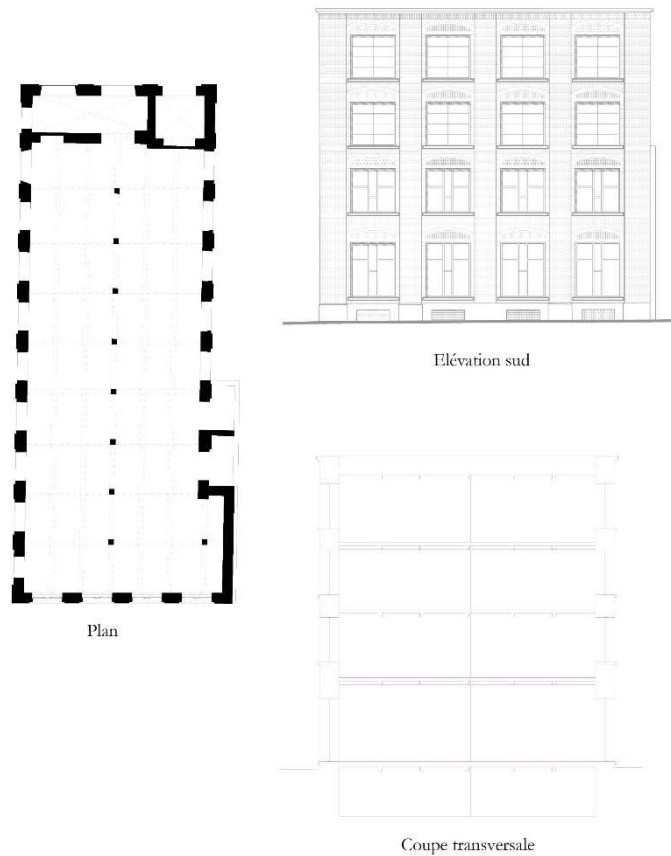


Coupe longitudinale ateliers



Plan ateliers

Figure 64 © Production personnelle



Plan

Elévation sud

Coupe transversale

Figure 63 © Production personnelle

## 2.2. Les ateliers

Les ateliers présentent une structure poteaux-poutres en béton armé. La toiture se compose de 3 travées de charpentes métalliques en très mauvais état et partiellement effondrées. L'enveloppe était faite de tôles quasi inexistantes aujourd'hui, ce qui laisse l'opportunité d'imaginer une nouvelle enveloppe résiliente qui répond aux besoins du projet. Sans qualités patrimoniales apparentes, ce bâtiment présente de fortes qualités de résilience. Le plan est libre, et le matériau béton armé rend ce bâtiment extrêmement robuste et capable d'accueillir des charges d'utilisation importantes. Sur cave, ce bâtiment robuste présente aussi des qualités d'adaptabilité. Les aménagements peuvent être très variés. Le système de poteaux et de poutres offre à ce bâtiment des fortes qualités de résilience (Figure 64).

## 2.3. Le bâtiment administratif

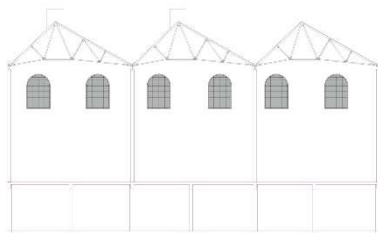
Ce bâtiment était un bâtiment de bureaux avec une structure portante similaire à des grands bâtiments de logements. C'était le siège administratif de l'usine. Les matériaux utilisés sont la brique et le béton. Il peut donc être aisément compartimenté et donc facilement adaptable. Il présente en outre une certaine résistance aux contraintes extérieures. Les façades en briques témoignent d'une architecture industrielle et de la volonté d'être un repère dans la ville et la première image de l'entreprise. Le bâtiment administratif possède de grandes baies avec des arcs de décharges et des tympans en briques sur chant. Les ouvertures ont toutefois été remodelées au cours du temps suite aux différents changements que l'usine a subis (Figure 63).

## 2.4. Les installations extérieures

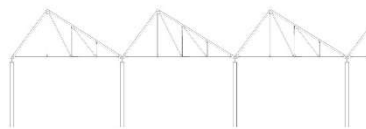
L'aménagement extérieur et le rapport aux voiries et chemins de fer du site de l'usine Mélotte est résilient. On retrouve la présence d'un quai de chargement/déchargement au nord des sheds qui subsiste aujourd'hui.

En outre, l'espace pour la voirie de service qui contourne le site de l'usine est une trace du passé intéressante à conserver. Elle rappelle le passé industriel et fonctionnel du site et est résiliente car elle possède une valeur d'usage encore actuellement. Le rapport qui autrefois existait est rompu par les aménagements actuels mais peut être réactivé ou suggéré par le projet de réhabilitation.

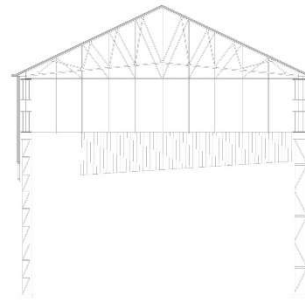
Enfin, le site n'est pas inondable et possède un bon écoulement des eaux pluviales dû à sa faible déclivité.



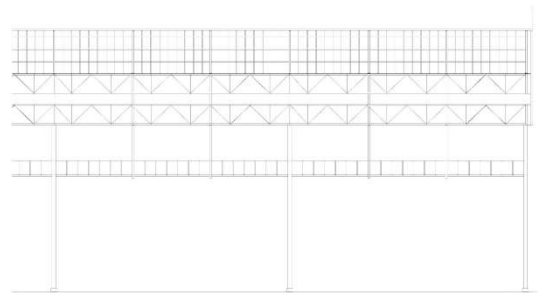
Coupe transversale grands sheds sur cave



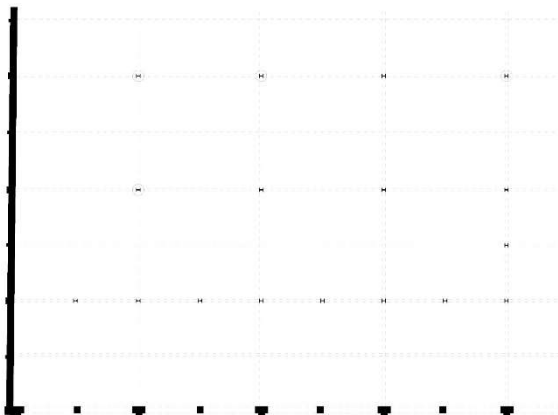
Coupe transversale petits sheds



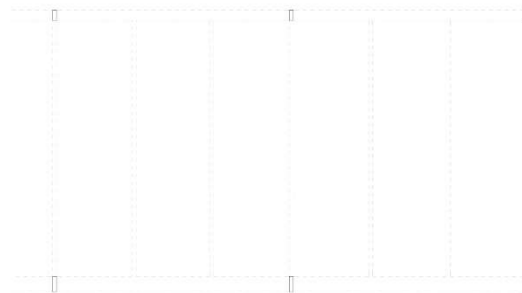
Coupe transversale halle



Coupe longitudinale halle



Plan grands sheds



Plan halle

Figure 65 © Production personnelle

Figure 66 © Production personnelle

## 2.5. Les sheds

Les sheds sont les types de bâtiments les plus présents sur le site industriel. On en retrouve de deux types : les petits sheds dont une partie est sur cave et les grands sheds qui sont entièrement sur cave. Les grands sheds possèdent des fermes de charpentes Polonceau en acier qui sont répétées deux fois moins fréquemment que les sheds bas.

Les structures métalliques des sheds et les murs porteurs en briques présentent des qualités patrimoniales de bâti industriel.

Les caves sur lesquelles les sheds sont construits sont en poteaux-poutres en béton armé. Elles sont résistantes et permettent d'accueillir différentes fonctions aujourd'hui. Située au milieu du grand bâtiment rectangulaire en sheds, une trémie permettait d'accéder aux caves. Celle-ci fait partie des éléments d'architecture résilients qui peuvent servir le projet de réhabilitation.

Ces sheds ont une grande capacité de résilience, d'adaptabilité et de résistance. Leur structure métallique combinée à des murs massifs en briques leur confère une grande robustesse et une certaine flexibilité. Les murs extérieurs en briques sont résistants et déjà percés à certains endroits. Ils sont ainsi extrêmement résilients. Ils peuvent être compartimentés, et cela de manière modulaire, ce qui rend ces structures en sheds très polyvalents. La structure en sheds permet aussi un éclairage naturelle des grands espaces intérieurs, ce qui laisse libre le compartimentage.

La toiture des sheds et les murs qui ne sont pas en briques ne sont cependant plus dans un état sanitaire convenable. Néanmoins, le mode constructif des sheds permet de conserver la structure, de la restaurer et de créer de nouvelles enveloppes résilientes (Figure 65).

## 2.6. La halle

La halle principale qui subsiste aujourd'hui fonctionnait de pair avec sa grande sœur à front de rue qui occupait presque toute la façade principale du site. Ces halles auraient été reconstruites entre 1947 et 1948 après qu'un bombardement ait détruit une partie de l'usine au cours de la Seconde Guerre mondiale.

Cette halle métallique disposait de ponts roulants et accueillait des rails reliés directement au chemin de fer. Ceux-ci permettaient le chargement/déchargement des charrues finies et des matières premières.

La halle présente une structure complètement métallique avec des poteaux en treillis et des poutres de ceintures en treillis qui permettaient l'accroche de ponts roulants. La structure des charpentes métalliques est en ferme Polonceau. Cette structure permet à la halle de gagner en résistance et d'offrir un grand franchissement, ce qui laisse un espace utile libre de 15m de large en dessous.

La plus grande halle, aujourd'hui démolie, offrait également une façade dont le parement était fait de briques et de verre encastré. Pour l'époque, c'était une prouesse architecturale dont les propriétaires de l'usine étaient fiers. Cela donnait une identité forte à l'usine. Aujourd'hui, extrêmement visible depuis la gare et les alentours du site, cette halle est un symbole et le témoin du passé industriel florissant de la ville de Gembloux (Figure 66).

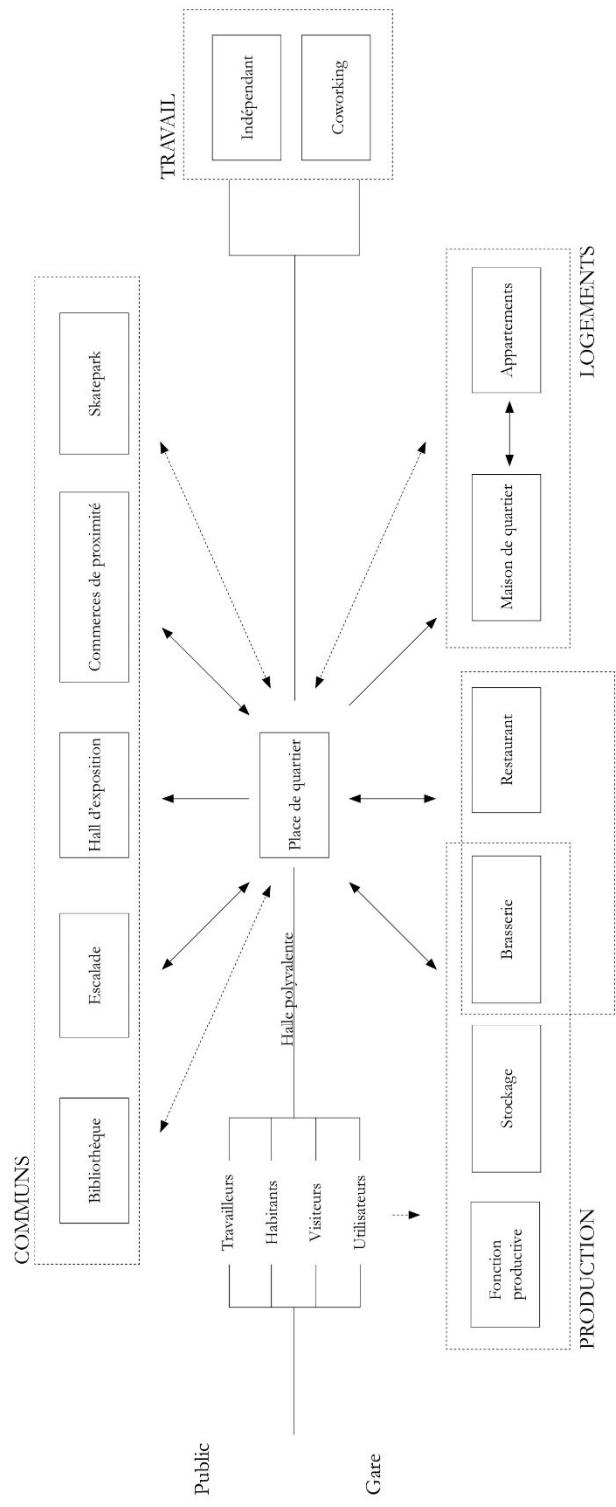


Figure 67 © Production personnelle

### 3. Démarche conceptuelle

Le programme proposé dans ce projet de réhabilitation est issu du PRU<sup>95</sup> du quartier de la gare de Gembloux et d'une évaluation personnelle de programme en lien avec la résilience. Ce programme est donc une proposition (Figure 67). Comme il s'agit de résilience dans ce travail et que la résistance et l'adaptabilité sont les capacités qui définissent la résilience, un programme différent pourrait même être envisagé. Notre programme s'implante sur le site de l'ancienne usine Mélotte de la façon suivante.

Le programme s'organise autour d'une place de quartier et d'un nouveau parvis de la gare qui comprend la halle polyvalente réhabilitée. Il prévoit la conservation des arbres remarquables du parc de l'ancien château comme traces du passé et la restauration de l'ancien lien entre le parc et l'usine. L'identité symbolique et l'histoire du site prennent donc de l'importance dans le projet.

« Contrairement à d'autres structures patrimoniales traditionnelles, les sites industriels désaffectés et leurs infrastructures ont [...] une identité symbolique et sociale contemporaine. Il reste souvent un lien social, une appréciation collective et une reconnaissance partagée par la population »<sup>96</sup>.

Les éléments du bâti qui ne sont pas considérés dans un bon état sanitaire et qui n'ont pas de valeur patrimoniale sont démolis et leurs matériaux recyclés.

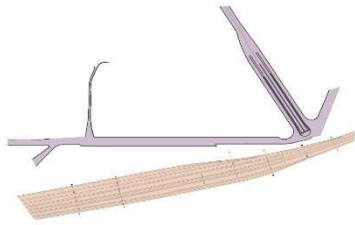
La greffe horizontale ou verticale, l'implantation de nouveaux volumes et la reconversion servent à implanter le programme et à requalifier les nouveaux espaces publics et communs du projet. En outre, l'action en négatif permet de créer de nouvelles trémies dans les structures en poteaux-poutres en béton armé pour favoriser l'adaptabilité du bâti et le caractère réversible de la réhabilitation.

---

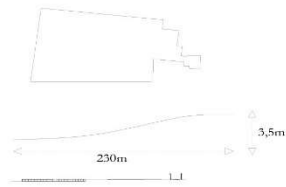
<sup>95</sup> Le Périmètre de remembrement urbain « Quartier de la gare » est un projet développé par les autorités communales en partenariat avec les promoteurs et propriétaires concernés, un bureau d'architecture et des bureaux d'étude qui ont développé un projet à grande échelle pour la co-construction d'un tout nouveau quartier sur le site de l'usine Mélotte dite « Eurofonderie », source : [<https://pru-gare.gembloux.be>]

<sup>96</sup> CENCI, Jeremy (2018). *From Factory to Symbol: Identity and Resilience in the Reuse of Abandoned Industrial Sites of Belgium*, *The Historic Environment: Policy & Practice*, 9:2, p.166

## ÉLÉMENTS RÉSILIENTS



INFRASTRUCTURES



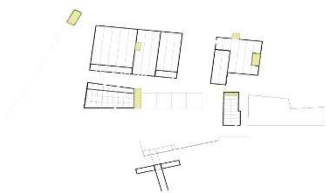
SOLS



STRUCTURES

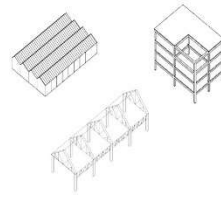


ENVELOPPES

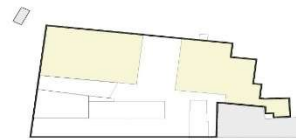


CAVITÉS

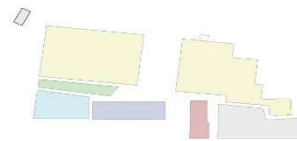
## RESSOURCES



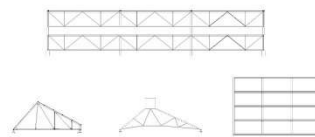
REDONDANCE



UNIFORMITÉ



DIVISION



ROBUSTESSE



RICHESSSE DES ÉLÉMENTS

Figure 68 © Production personnelle

Le rapport au patrimoine et le dialogue avec le bâti ancien sont suggérés de différentes manières. L'ancienne halle et la présence de rails reliés au chemin de fer sont par exemple suggérées par un nouveau parvis de la gare.

La démarche architecturale et résiliente du projet se base également sur l'identification des ressources du site qui sont résilientes et l'identification des éléments relatifs aux infrastructures, aux sols, aux structures, aux enveloppes et aux cavités de l'usine (Figure 68). Les lignes directrices, voiries existantes et anciennes voiries de service de l'usine permettent de proposer un programme qui tient compte de ces éléments et de renforcer le lien avec le quartier de la gare auquel l'usine Mélotte appartient (Figure 69). De plus, la passerelle piétonne qui permet de rejoindre la gare depuis la nouvelle place est prolongée pour renforcer les accès au site (Figure 70).

« La compréhension et l'interprétation des zones plus larges dans lesquelles les anciens sites industriels sont inclus permettent d'enregistrer des éléments structurants de l'espace qui, à leur tour, sont les axes principaux des programmes de renouvellement »<sup>97</sup>

---

<sup>97</sup> TOURA Varvara (2022). *Défis et opportunités dans la préservation du patrimoine culturel industriel après l'ère de la désindustrialisation. La réintégration dans le tissu urbain de deux anciens sites industriels en France : l'île de Nantes et les Docks de Seine*. Un patrimoine pour l'avenir, une science pour le patrimoine. Paris. p.266

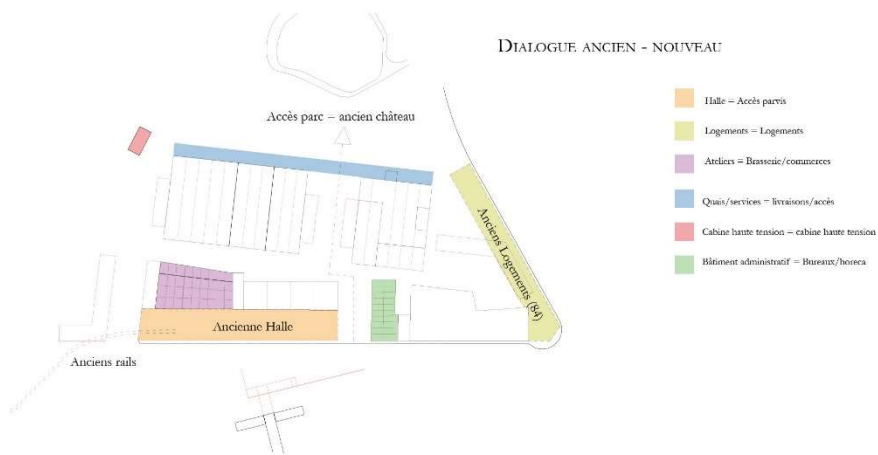
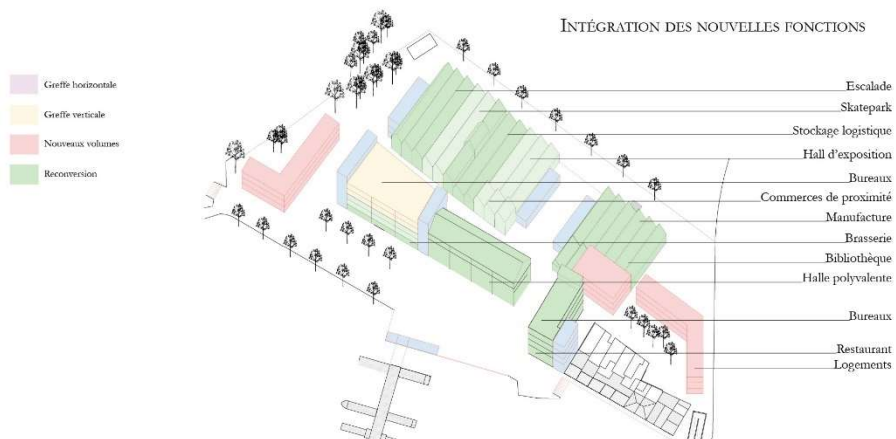
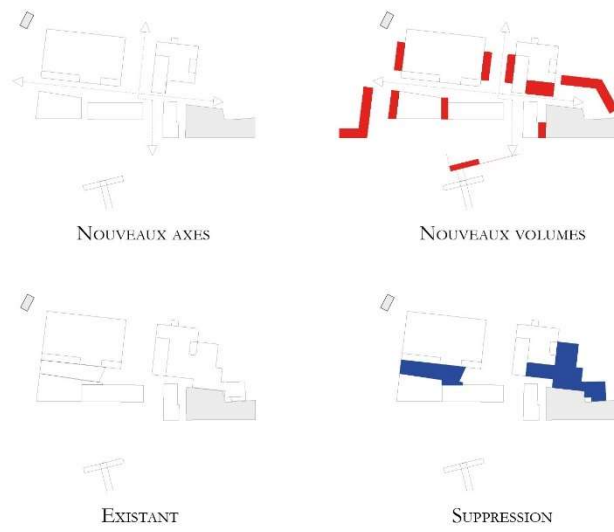


Figure 69 © Production personnelle

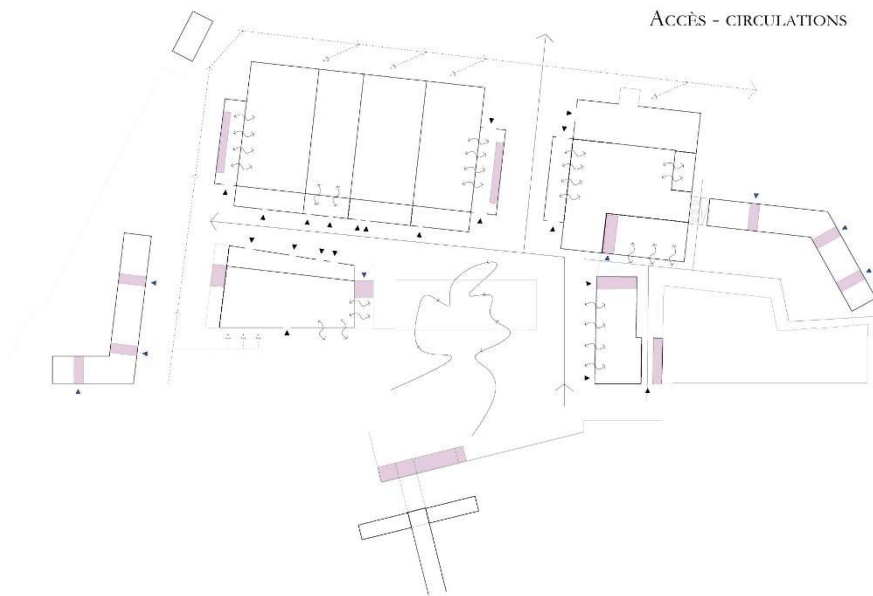


Figure 70 © Production personnelle

# ANNEXE



CONTRAINTES REglementaires	CONTRAINTES ARCHITECTURALES	REMARQUES
<b>Du bâtiment industriel → au logement individuel</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>- PLU</li> <li>- Normes (désamiantage, matériaux dangereux..)</li> <li>- Code civil</li> <li>- RT 2012</li> <li>- Code construction</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Echelle du bâtiment, volumes</li> <li>- Relation avec l'environnement et le paysage</li> <li>- Enveloppe extérieure</li> <li>- Isolation intérieure (thermique, acoustique,...)</li> <li>- Ouvertures (éclairage, vues,...)</li> </ul>	<p>L'enjeu réside dans le redimensionnement des espaces. Il faut avant tout que l'échelle de départ soit adaptée à celle d'arrivée. Le lieu d'implantation est également primordial.</p>
<p><u>Points particuliers à traiter</u> : Proportions, cloisonnement, création d'ouvertures, isolation acoustique et thermique</p>		
<b>Du bâtiment industriel → au logement collectif</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>- PLU</li> <li>- Normes</li> <li>- Accessibilité handicapés</li> <li>- Sécurité incendie</li> <li>- Code civil</li> <li>- Code construction</li> <li>- RT 2012</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Relation à l'environnement</li> <li>- Stationnement</li> <li>- Echelle du bâtiment (hauteurs, surface..), circulations horizontales</li> <li>- Isolation intérieure</li> <li>- Enveloppe extérieure, amenées de lumière, ouvertures</li> <li>- Création de parties communes / parties privatives</li> <li>- Création de réseaux, GT</li> <li>- Distribution intérieure</li> </ul>	<p>Même si ce cas nécessite beaucoup de modifications, on constate une grande souplesse d'adaptation grâce aux structures des bâtiments industriels. Les transformations seront d'ordre fonctionnel essentiellement (confort visuel, habitabilité. Comme dans l'exemple précédent, l'implantation est un facteur important de décision (cadre de vie - zones artisanales et industrielles pour du logement ?)</p>
<p><u>Points particuliers à traiter</u> : Enveloppe extérieure (thermique, ouvertures), distribution intérieure (parties communes/parties privatives, isolation acoustique, cloisonnement)</p>		

### Du bâtiment industriel → au bâtiment tertiaire

- PLU
- Normes
- ERP
  - PMR
  - Incendie
- RT2012
- Code du travail
- Code de la construction

- Echelle du bâtiment, volume
- Enveloppe extérieure
  - Ouverture, apport de lumière naturelle
  - Isolation thermique
- Distribution intérieure
  - Cloisonnement
  - Isolation phonique

L'évolution paraît simple. La réussite d'un tel projet passe par l'amélioration du confort d'usage.

Points particuliers à traiter : Structure porteuse, enveloppe extérieure (ouvertures, isolation thermique), cloisonnement (organisation spatiale, isolation phonique)

### Du bâtiment industriel → à l'équipement public

- PLU
- ERP
  - Accessibilité PMR
  - Sécurité incendie
- Code de la construction
- Normes

- Accessibilité / entrée
- Relation / environnement
- Image extérieure
- Distribution intérieure

La difficulté dépend vraiment du programme fixé, du type de bâtiment public projeté.

Points particuliers à traiter : Enveloppe extérieure, cloisonnement

## BIBLIOGRAPHIE

- ACHESON, Paulette (2016). Modeling Resilience in System of Systems Architecture
- ALLAHAIM Fahad Saud, Alfaris A., Leifer D. (2010). *Towards Changeability: The Adaptable Buildings Design (ABD) Framework*
- ALZAS, Boris (2013). La réhabilitation des sites industriels : analyse d'un processus appliqué à trois projets existants
- ARGYROUDIS, Sotirios. A., Mitoulis, S. A., Hofer, L., Zanini, M. A., Tubaldi, E., & Frangopol, D. M. (2020). Resilience assessment framework for critical infrastructure in a multi-hazard environment: Case study on transport assets. *Science of The Total Environment*, 714, 136854
- BILLEN Claire, Van Mol J.-J., Heirwegh J.-J. (1997). Alfred Mélotte : inventeur de charrues. Ecomusée de la région du Viroin
- BRUNEAU, Michel (2003). A Framework to Quantitatively Assess and Enhance the Seismic Resilience of Communities
- BRUNETTE, Lucas (2020). *L'architecture adaptable, entre mutabilité et identité*
- BRUNETTE, Lucas (2020). *Le réemploi de matériaux en architecture*
- BRUWIER Marinette (1976). *La prépondérance de la grande industrie*, dans H. HASQUIN (dir.), *La Wallonie. Le pays et les hommes. Histoire, économies, sociétés*, t. 2, Bruxelles, 1976
- CAMPOS, Pablo (2020). Resilience, education and architecture: The proactive and “educational” dimensions of the spaces of formation
- CAPUTO, Silvio (2015). Urban resilience: two diverging interpretations
- CENCI, Jeremy (2015). La résilience des territoires industriels en mutation : le rôle de la valorisation du patrimoine : étude de cas du bassin transfrontalier sambrien (France – Belgique)
- CENCI, Jeremy (2017). *Vulnérabilité et Résilience Urbaine*
- CENCI, Jeremy (2018). *From Factory to Symbol: Identity and Resilience in the Reuse of Abandoned Industrial Sites of Belgium*, *The Historic Environment: Policy & Practice*, 9:2, 158-174
- CLARKE, Nicholas, Kuipers, M. & Stroux, S (2019). Embedding built heritage values in architectural design education
- CYRULNIK, Boris., & Seron, C. (2004). La résilience ou comment renaître de sa souffrance. Fabert, coll. Penser le monde de l'enfant
- DARMON, O (2016), Habiter les ruines : transformer, réinventer
- DE VISSCHER, L (2021). Carmody Groarke : Un vécu partagé
- DEBRIEU-LEVRAT, Céline (2018). La résilience « territoriale » : enjeux, acteurs et stratégies en Dordogne girondine

- DELLA TORRE, Eugenio (2021). Friche industrielle : Forme fonction à devenir ? Le besoin génère une forme, mais que ce passe t'il quand la fonction part et reste seulement la forme ?
- DEMOUSTIER, Madeline (2004). Vivre à l'usine: : La réhabilitation du patrimoine industriel en logements sociaux, exemples verviétois
- DJAMENT-TRAN, Géraldine, Le Blanc A., Lhomme S., Rufat S., Reghezza-Zitt M. (2011). *Ce que la résilience n'est pas, ce qu'on veut lui faire dire.* (hal-00679293)
- DUMONT Paula, Vanden Bruggen B. (2011). Restauration(s) et conservation. Région de Bruxelles-Capitale
- ELEY, Peter. W, J (1984). Industrial rehabilitation: the use of redundant buildings for small enterprises
- FATEMEH H. Arfa, Z. H., L. B. & Q. W. (2022). *Adaptive Reuse of Heritage Buildings : From a Literature Review to a Model of Practice*, The Historic Environment: Policy & Practice, 13:2, 148-170
- FRANCIS, Royce (2014). A metric and frameworks for resilience analysis of engineered and infrastructure systems
- FRENCH, Emily L (2020). Designing public open space to support seismic resilience: A systematic review
- GENADT, A (2019). Three Lessons from Japan on Architectural Resilience. *Architectural Histories*, 7(1), p.16
- GILLET, Delphine (2005). La réaffectation des entrepôts à Bruxelles : analyse et mise en évidence de méthodologies
- GRIMONPONT, Arthur (2019) *Critères de résilience.* Les greniers d'abondance
- HASSINK, Robert (2009). Regional Resilience: A Promising Concept to Explain Differences in Regional Economic Adaptability? *Cambridge Journal of Regions Economy and Society* 3(1):45-58
- HOSSEINI, Seyedmohsen, Barker K., Ramirez-Marquez Jose E. (2016) *A review of definitions and measures of system resilience.* Reliability Engineering & System Safety, Volume 145
- KHARMICH, Hassan (2019). Les matériaux de construction locaux, un appui pour une architecture contextuelle autosuffisante en énergie Hassan
- LABOY, Michelle, Fannon, D. (2016). Resilience Theory and Praxis: a Critical Framework for Architecture
- LALOUX Olivier (2023). *Pathologie et expertise – LBARC2165*
- LANZ Francesca, Pendlebury J. (2022) *Adaptive reuse: a critical review*, The Journal of Architecture, 27:2-3, 441-462
- LEBERT, Didier (2019). *La résilience des territoires dans la production de connaissances technologiques.* Revue d'Économie Régionale & Urbaine, 1007-1030
- LIU Jingkuang Liu et al. (2020) *Exploring factors influencing construction waste reduction: a structural equation modeling approach*

- LIU, Dong, Zang, W., Deters, R. (2009). Architectural design for resilience. p. 137-152
- MAMOUNI MIMNIOS, Elena Alexandra (2014). The Resilience Architecture Framework: Four organizational archetypes
- MEEROW, Sara (2017). Spatial planning for multifunctional green infrastructure : Growing resilience in Detroit
- MOREL JOURNAL, Christelle (2018). La pollution industrielle des sols en héritage. De l'indifférence à la résilience ?
- MULLER, George (2012). Fuzzy Architecture Assessment for Critical Infrastructure Resilience, p 367-372
- PAULICHEN, Luana (2020). Resilience in architecture: Housing as a process.
- PECQUET, Barbara (2012). De l'ombre à la lumière... La réhabilitation des bâtiments de l'ère industrielle en bâtiments à vocation artistique : le cas des halles
- PETERSON, Garry, Allen, C. R., Holling, C. S. (1998). *Ecological Resilience, Biodiversity, and Scale*
- PETZET Muck, Heilmeyer F. (2012). *Reduce/Reuse/Recycle : architecture as a resource*. Hatje Cantz Verlag, Ostfildern, Berlin
- PICKETT, Steward T. A. (2013). Ecological resilience and resilient cities
- PROTOMASTRO, Fransesca Paolo (2022). Perspectives of resilience for the abandoned industrial areas
- REAL, Emmanuelle (2015). Reconversions. L'architecture industrielle réinventée
- RIEGL Aloïs (1984) Le culte moderne des monuments, son essence et sa genèse, Éditions Seuil, Paris
- RUAUT, Jean-René (2015). Proposition d'architecture et de processus pour la résilience des systèmes : application aux systèmes critiques à longue durée de vie. Biomécanique [physics.med-ph]. Université de Valenciennes et du Hainaut-Cambresis
- RUBIN, Patrick (2017). Construire réversible. Canal architecture
- SCHMIDT III Robert, Austin S. (2016). Adaptable Architecture: Theory and practice. Routledge
- SHEARD Sarah, MOSTASHARI Ali (2008). *A Framework for System Resilience Discussions*. INCOSE International Symposium 18(1)
- STOCHINO, Flavio (2019). Robustness and Resilience of Structures under Extreme Loads
- TALANDIER, Magali (2019). Résilience des métropoles : Le renouvellement des modèles. Plan Urbanisme Construction Architecture, Les conférences POPSU
- TOUBIN Marie, Lhomme S., Diab Y., Serre D. et Laganier R. (2012). *La Résilience urbaine : un nouveau concept opérationnel vecteur de durabilité urbaine ?* Développement durable et territoires [En ligne], Vol. 3, n° 1

TOURA Varvara (2022). Défis et opportunités dans la préservation du patrimoine culturel industriel après l'ère de la désindustrialisation. La réintégration dans le tissu urbain de deux anciens sites industriels en France : l'île de Nantes et les Docks de Seine. Un patrimoine pour l'avenir, une science pour le patrimoine. Paris.

TROGAL, Kim (2019). Architecture and resilience : interdisciplinary dialogues

UNGAR, Michael (2018). Systemic resilience: principles and processes for a science of change in contexts of adversity

VANDENBROUCKE David, Claeys Damien (2020). *Notes du cours de théorie de la restauration*. LBARC1343 Théorie de la Restauration – UCL-LOCI-BXL

VANDERMOTTEN, Christian (1985). La production de l'espace industriel belge : 1846-1984. Hommes et Terres du Nord. pp. 100-109

VIVRE EN VILLE (2017). « Échelle humaine », Collectivitesviables.org, Vivre en Ville

WATSON, Stéphanie S. (2018). Role of materials selection in the resilience of the built environment

WU, C., Cenci, J., Wang, W., & Zhang, J. (2022). Resilient City: Characterization, Challenges and Outlooks. Buildings, 12(5), 516

YONEY, N (2016). Adaptive reuse of industrial heritage : Resilience or irreparable loss?

ZUINDEAU, Bertrand (2012). *Développement durable et territoire*. La Mondialisation et résilience des territoires – Trajectoires, dynamiques d'acteurs et expériences, Québec, Presses de l'Université du Québec, 2012

L'architecture industrielle en Wallonie est le témoin d'un passé productif et novateur. Les sites et bâtiments industriels délaissés font l'objet de nombreux projets de réhabilitation. Mais quelles sont les méthodes d'interventions résilientes sur ces bâtiments ? Ce travail de fin d'études questionne la résilience d'un site industriel lors de sa réhabilitation. Il propose une définition de la résilience en architecture comme levier de projet. La résilience d'un bâtiment industriel, c'est la capacité de son architecture à offrir une structure résistante et des espaces adaptables à des changements d'usages. Par ailleurs, le travail met en évidence une série de paramètres de résilience ainsi que les caractéristiques résilientes d'un bâtiment industriel. Enfin, il propose une méthodologie d'intervention résiliente sur du bâti industriel lors de sa réhabilitation par l'identification d'éléments architecturaux résilients. C'est donc par cette approche du patrimoine bâti industriel et de sa résilience que l'on propose une hypothèse de méthodologie d'intervention résiliente comme vecteur de réhabilitation du patrimoine.