



# Méthodologie low-tech pour l'ingénieur

Anouk Chômienne, Sarah Dubus, Louise Éon, Grégoire Jouan, Chloé Mignot, Théo Pezin

# Remerciements

Nous tenons à remercier Mélanie Henaux pour son partage d'expérience du Low-Tech Lab, ses ressources précieuses et son aide pour la réalisation du benchmark en génie biologique. Nous tenons également à remercier Garance Régimbeau pour sa contribution importante au benchmark en génie biologique dans le domaine du traitement des déchets et de l'alimentation, ainsi que Anne Le Goff pour son aide précieuse dans la réalisation du benchmark dans le domaine de la santé.

Nous remercions également Loïc Pentecôte de l'Hermitage et Quentin Mateus du Low-Tech Lab, pour leur précieuse mise en contact avec Noémie Le Gallic, ancienne étudiante à l'INSA Lyon et animatrice du module *Remettre en cause* de l'INSA Lyon. Nous remercions Noémie Le Gallic et Hugo Paris (INSA Lyon/ENSA Lyon) pour leur partage d'expérience sur les low-tech en école d'ingénieur. Nous remercions également Marcel Balland du Low-Tech Lab de Grenoble qui nous a parlé de la réflexion actuelle sur un possible module low-tech à l'INP de Grenoble.

Nous remercions Caroline Plichta, étudiante à l'UTC (Hutech/IM), pour son retour d'expérience sur son stage au Trichon à Roubaix, en partenariat avec l'Université Populaire et Citoyenne de Roubaix, ainsi que pour ses indications et ses conseils sur la problématique du réemploi. Nous remercions Michael Ghyoot, de l'entreprise Rotor, pour l'apport de son expertise sur les problématiques au cœur du réemploi dans la construction.

Nous remercions aussi Thomas Heyligen pour son apport sur la filière FQI de l'UTC.

Bienvenue dans ce rapport sur l'opérationnalisation de l'ingénierie low-tech. Créé dans le cadre de l'UV HT05, il est l'aboutissement d'une réflexion à la fois théorique sur la low-tech et ses enjeux ainsi qu'une réflexion pragmatique et technique sur les moyens possibles à disposition pour faire de la low-tech dans un cadre d'ingénierie.

Le rapport que vous avez entre les mains est une première version de cette opérationnalisation qui a vocation à être améliorée au fil du temps par la collaboration à la fois d'une continuité de la réflexion théorique ainsi que d'une mise en pratique via des stages par exemple.

# Sommaire

Partie 1 : Définir la low-tech et comprendre ses enjeux	5
Pourquoi penser la technique aujourd'hui ?	6
La low-tech : naissance et historique d'une pensée alternative	9
La low-tech aujourd'hui	11
Définition	11
La low-tech en France	12
Présentation de notre démarche d'ingénierie low-tech	17
Partie 2 : Cadrage et décision pour une démarche low-tech	19
Initialisation de la démarche	20
Analyse du contexte	21
Parties prenantes et périmètre de remise en cause	21
Inerties et leviers	25
Qu'est ce que l'inertie ?	25
Différentes catégories d'inertie	25
Pourquoi le concept d'inertie est-il pertinent dans le cas d'une démarche d'ingénierie low-tech comme la nôtre ?	27
Identifier et classer les inerties à l'oeuvre	28
Identifier les variations historiques du dispositif étudié, et comment ces variations ont pu induire des inerties	33
Identifier comment l'inertie peut être contrée et quels sont les leviers potentiels pour agir	35
Analyse du besoin	38
Définition du besoin	38
Démarche	38
Démarche générique	39
Exemple : Pour une voiture, les critères peuvent être le nombre de place dans la voiture, le nombre de kilomètres et le type de route empruntée	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
Etude de cas : laver son linge	41
Les indicateurs low-tech et le choix des critères	46
Présentation des outils	46
Les outils des indicateurs low-tech	47
Configuration 1 : à partir des valeurs	47
Configuration 2 : à partir du cycle de vie	51
La chaîne décisionnelle : questions pour les différents acteurs d'une démarche low-tech	55

Évaluation des solutions	61
L'outil benchmark	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
Critères d'opportunité et stratégie industrielle	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
Anticiper l'exécution du projet	65
Élaboration du cahier des charges de l'objet low-tech	65
Évolution de la chaîne de production	67
Création de collectifs	67
Service associé : l'exemple de Aezeo	68
<b>Partie 3 : Conception, fabrication, adaptation, installation</b>	<b>70</b>
<b>Partie 4 : Mise en oeuvre, utilisation et maintenance</b>	<b>71</b>
Le suivi utilisateur	72
<b>Bibliographie, sources et annexes</b>	<b>75</b>
Bibliographie	76

## Partie 1 : Définir la low-tech et comprendre ses enjeux

# I. Pourquoi penser la technique aujourd'hui ?

La démarche de ce présent document est de permettre à tous ceux qui font vivre et évoluer la technique — ingénieurs, concepteurs, responsables de projets, etc. — de mener à bien leur activité tout en ayant une démarche réfléchie sur les conséquences du déploiement des techniques.

Il faut pour cela commencer par expliquer les raisons qui, à notre sens, devraient pousser les professionnels, ainsi que les citoyens, à s'intéresser plus que jamais à la question technique. La technique est partout, elle forme l'environnement humain : aujourd'hui il est presque devenu impossible de poser ses yeux à un endroit sans voir la trace du développement humain. La technique désigne les savoir-faire issus de l'apprentissage, les objets créés par le travail humain, les infrastructures sociales et matérielles des sociétés humaines, et plus loin encore elle désigne les représentations sociales, les habitudes sociales, culturelles, corporelles, etc.

Les objets techniques n'existent jamais seuls, ils sont produits quelque part et utilisés autre part. Dès le départ, ils impliquent des relations entre différents acteurs et leur environnement, mais dès qu'un objet technique se généralise dans la société, il implique une chaîne de production avec de nombreux acteurs structurés par leur rôle dans l'activité de production, des pratiques sociales dans lesquelles l'objet prend place, d'autres objets techniques avec lequel il interagit, des représentations politiques et peut-être une réglementation de l'usage et de la production dans le droit.

La technique, puisqu'elle est omniprésente et ancrée dans les représentations et les habitudes, est le plus souvent invisible, ou du moins invisibilisée car nous ne nous interrogeons pas sur ce qui nous apparaît comme une évidence<sup>1</sup>. Pourtant, notre rapport à la technique est de plus en plus questionné dans la mesure où de plus en plus de nouveaux objets techniques, de nouvelles façons de faire sont introduits et se généralisent dans la société de plus en plus vite. Cela rend la technique toujours visible car ces processus prennent de court nos institutions légales et politiques et créent des différences de référentiel entre les générations. La société évolue de manière accélérée sous l'impulsion de l'évolution technique. Nous cherchons à savoir où cela nous mène, et comment agir sur ces trajectoires.

Les historiens distinguent souvent plusieurs « révolutions industrielles » : la première est celle du passage de l'artisanat à l'industrie avec son lot de nouvelles techniques (chimie industrielle, machine à vapeur, métier à tisser, etc.), la seconde est celle des énergies fossiles (extraction du pétrole et de plus de charbon, électricité, voiture) et des objets de consommation, la troisième est celle de l'informatique avec le déploiement des ordinateurs et des données, enfin la dernière est celle des nouvelles technologies de l'information. La première révolution aura donc mis plusieurs siècles pour se répandre depuis l'Angleterre sur la Terre entière, la seconde aura mis presque un siècle, la troisième quelques décennies et la dernière à peine dix ans. Il y a une accélération sensible dans les changements de notre société et cela est dû aux transformations techniques. Ces transformations sont souvent

---

<sup>1</sup> Par exemple, nous mangeons avec des couverts sans nous rendre compte du fait qu'il s'agit d'un apprentissage technique complexe.

qualifiées de « progrès », car elles apportent souvent un gain de temps ou d'efficacité pour la réalisation d'une tâche et permettent de nouvelles activités que nous ne pouvions pas faire avant. La notion de progrès ne devrait pas nous aveugler puisque cette intensification de l'évolution technique, et surtout la trajectoire que prend cette évolution, comprend des effets d'ores et déjà néfastes, ainsi que des menaces pour l'avenir.

La première révolution industrielle a entrepris de séparer le travailleur de son travail en divisant de plus en plus ce dernier et en l'organisant selon des schèmes de production déterminés. De telle sorte a débuté une perte de savoir-faire liée au travail qui se poursuit aujourd'hui avec la perte de savoir-faire et d'autonomie des professions intellectuelles à cause du traitement automatique des données. La seconde révolution industrielle a amorcé une activité extractive importante pour augmenter exponentiellement la production des biens et intensifier les flux. Nous n'avons jamais extrait autant d'énergies fossiles, de métaux et de minéraux qu'aujourd'hui.

De grandes transformations ont désormais lieu dans les marchés porteurs et dans les organisations des collectifs de travail. Il s'agit de la généralisation des appareils électroniques et des solutions numériques. L'informatique et les objets connectés se retrouvent partout, et cela n'est pas sans conséquence. Pour créer des réseaux de communications sur lesquels s'échangent tous les jours des milliards de données entre des millions d'appareils connectés, il faut construire de nombreux *data center*, consommer beaucoup d'énergie et extraire des quantités immenses de minerais.

Nous appelons technologie high-tech ces nouvelles technologies qui participent à l'augmentation de l'extraction des ressources de la Terre et à l'accélération des transformations des systèmes technologiques. La généralisation de ces technologies fait peser plusieurs périls sur nos sociétés.

Le premier péril est écologique et lié aux ressources. La pression grandissante, due à la multiplication des crises, nous pousse et nous force à agir sur ce péril. Le réchauffement climatique est causé par la libération de grandes quantités de gaz à effet de serre dans l'atmosphère et la destruction des écosystèmes. Selon les meilleurs modèles scientifiques, sans remise en cause de nos modèles de production et de consommation, la température globale devrait monter de 4 °C ou 5 °C (voire au-delà) d'ici la fin du siècle par rapport à son niveau pré-industriel<sup>2</sup>. Cela bouleverserait totalement les écosystèmes de la planète, dont nous dépendons. Les conséquences pourraient être désastreuses du point de vue humain<sup>3</sup>. Les activités extractives et la combustion d'énergies fossiles sont la première cause de rejet de gaz à effet de serre.

Ensuite, les technologies high-tech sont le plus souvent trop complexes, elles sont conçues par des ingénieurs en bureau de conception et ne sont généralement pas directement compréhensibles par les utilisateurs. C'est notamment pour cette raison qu'elles sont très compliquées à réparer et à recycler. Cette complexité rend l'utilisateur dépendant du système de l'objet : de ses spécialistes, de ses filières industrielles, etc. La complexité nécessite également une division importante du travail et

---

<sup>2</sup> Voir le rapport du GIEC de 2014 : [https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/SYR\\_AR5\\_FINAL\\_full\\_fr.pdf](https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/SYR_AR5_FINAL_full_fr.pdf).

<sup>3</sup> Ainsi que pour des milliards d'êtres vivants non-humains.



donc une spécialisation des travailleurs. De ces faits, nous considérons que les technologies high-tech nuisent à la capacité d'entreprendre des individus ainsi qu'à leur autonomie vis-à-vis des systèmes industriels.

Nous disons que les individus sont « aliénés » lorsqu'ils remettent pleinement leur capacité d'action à un dispositif technique. Il ne sont plus maîtres de leurs faits et gestes car cette maîtrise revient à la machine qui détermine l'exécution de l'action et son résultat. Gilbert Simondon défend l'existence de cette aliénation en raison du fait que l'individu ne comprend pas le fonctionnement de la technique qu'il utilise. Ceci se peut en raison du mode de conception des dispositifs et objets techniques, déterminé par des spécialistes ; et trop souvent conçu de sorte que les rouages sont cachés.

Enfin, du fait de l'accélération des transformations sociales que causent les technologies high-tech, nous pensons qu'elles favorisent aussi une crise de la démocratie. Les générations connaissent chacune un univers sociétal différent ce qui fragilise les liens entre elles. Il y a une injonction à l'adaptation permanente et certaines personnes deviennent inadaptées par rapport aux systèmes technologiques — comme les nouvelles technologies high-tech, délaissant les personnes âgées. Les jeunes générations en revanche sont privées de référentiel technique et sociétal stable<sup>4</sup> car les transformations se font désormais à un rythme infra-générationnel, ce qui peut causer un malaise existentiel vis-à-vis d'un avenir incertain. De plus, celles-ci sont contraintes à subir les conséquences des transformations techniques initiées par les générations passées. Le fait que le développement actuel et la consommation des ressources puissent nuire à la capacité des générations futures à pourvoir à leurs propres besoins a été depuis les années 1980 le mot d'ordre du développement d'une nouvelle utopie économique plus respectueuse des générations à venir<sup>5</sup>.

Cependant, la gouvernance des techniques n'est en aucun cas démocratique, la notion de choix dans les trajectoires technologiques est très diluée, du fait qu'elle ne repose pas sur les individus. Les évolutions technologiques sont guidées par des considérations de rentabilité ou de concurrence dans le système économique international, mais ne sont pas décidées par délibération selon l'intérêt commun. Cette situation est telle que les citoyens ainsi que le système politique ont perdu presque tout le pouvoir d'influer sur le cours de l'évolution technique.

---

<sup>4</sup> Hartmut Rosa, *Accélération. Une critique sociale du temps*, La Découverte, 2010.

<sup>5</sup> Le rapport Brundtland de 1987 définit le développement durable comme « un développement qui répond aux besoins du présent sans compromettre la capacité des générations futures de répondre aux leurs ».

## II. La low-tech : naissance et historique d'une pensée alternative

Face à la logique de croissance infinie, à la foi aveugle dans le progrès et la science, et au récit linéaire du succès des technologies salvatrices, des modes de pensée alternatifs se dressent. La pensée de la low-tech s'érige en réaction à la diffusion massive de nouvelles technologies, souvent plus délétères les unes que les autres, sur le plan social, environnemental, politique mais également au regard de la sauvegarde des savoir-faire.

Les années 1960, et particulièrement les années 1970 sont le théâtre d'un déferlement de nouvelles technologies et de nouveaux objets, notamment hérités de la seconde guerre mondiale et de la Guerre Froide. On peut citer par exemple l'intensification et la mécanisation des techniques agricoles, l'apparition de l'automobile, le développement massif des compagnies aériennes, etc. Les deux chocs pétroliers de 1973 et 1979 révèlent également notre dépendance aux systèmes énergétiques fragiles et précaires. Le récit majeur reste celui de technologies salvatrices, positives, d'un progrès linéaire et incontournable. Pourtant, force est de constater que ces nouvelles techniques sont aussi et surtout profondément délétères pour l'environnement, qu'elles asservissent les populations et accroissent les inégalités en centralisant les savoir-faire, le savoir et donc le pouvoir. Ce lourd bilan réveille chez certains, qui croient encore au progrès de la science, un rêve de techniques vertueuses et bienfaites, locales, artisanales et décentralisées. Chez E. F. Schumacher on les nomme les techniques « intermédiaires », pour Illich il s'agit de techniques « conviviales », mais on pourrait aussi parler de techniques « libératrices » (M. Bookchin) ou « démocratiques » (L. Mumford). Derrière ces terminologies, un seul et même but : défendre les basses technologies. Loin de l'idée de revenir à l'âge de pierre ou de fonder une communauté Amish, la pensée low-tech (car c'est bien ce dont il s'agit) entend conjuguer science et éthique. L'intégration des basses technologies dans nos modes de production et de consommation va cependant de pair avec un changement radical de paradigme. C'est ce que prône le mathématicien et économiste américain N. Georgescu-Roegen dès les années 1970, en faisant le constat très simple que nos modes de production et de consommation se sont fondés sur l'illusion d'une disponibilité infinie des ressources de la Terre — tandis que l'homme est réduit à un agent rationnel. Or ceci va à l'encontre des principes même de la nature et une telle logique conduirait à notre perte : « chaque fois que nous produisons une voiture, nous le faisons au prix d'une baisse du nombre de vies humaines à venir<sup>6</sup> ». Il est donc urgent d'opérer un changement de paradigme culturel, institutionnel et économique fondé sur la décroissance<sup>7</sup>, c'est-à-dire la réduction progressive des

---

<sup>6</sup> Nicholas Georgescu-Roegen, cité par Philippe Vion-Dury, « La bibli low-tech », *L'avenir sera low-tech*, Socialter, Hors-série n°6, mai-juin 2019, p. 55. Il fait référence au principe d'entropie.

<sup>7</sup> Il y a plusieurs manières de définir la décroissance, chacune étant fondée sur un indicateur différent. La décroissance dont nous parlons s'établit en opposition à l'indicateur de croissance majoritaire de nos jours : le PIB, lequel

ressources utilisées, des biens consommés et la maîtrise démocratique du progrès scientifique et technologique, contre les logiques délétères, à tous égards, du gigantisme, du profit à court terme et de la centralisation. Car la technique n'est ni intrinsèquement *bonne* ou intrinsèquement *mauvaise*, elle est « ambivalente », selon le terme de Jacques Ellul, qui affirme au contraire que la technique est un mélange complexe d'effets *bons* et *mauvais*. Il classe par ailleurs ces effets en trois catégories : les effets voulus, prévisibles et imprévisibles, qui seraient plus ou moins inextricables. Cette idée va à l'encontre d'une tradition de pensée encore bien ancrée au cœur de la société et dans le milieu de l'innovation, celle de la supposée neutralité de la technique, qui appelle plus généralement à la réflexion sur les trajectoires et les choix techniques au niveau sociétal. Bien que cette idée soit largement répandue, on ne peut plus affirmer que la technique soit neutre, car elle contient à la fois des *bons* et des *mauvais* effets qu'on ne peut démêler. Toute technique ne dépend pas de l'usage qu'on en fait, car elle porte en elle-même ce pour quoi elle sert et ce pour quoi elle a été conçue ; elle porte donc en elle-même ses effets. On peut rapprocher cette notion de ce que Bertrand Russell appelle les *affordances*, c'est-à-dire ce que l'objet nous suggère naturellement, instinctivement. Bien sûr, ces *affordances* sont variables, tout comme l'usage d'un objet est plus ou moins varié. Ainsi, l'*affordance* d'un couteau va être beaucoup moins tranchée que celle d'un fusil, qui évoque immédiatement une certaine violence. C'est aussi cette revendication que porte la pensée low-tech, en proposant d'apporter une nuance nécessaire à la compréhension de notre société technique. Cette nuance se trouve également dans la proposition d'une alternative, qui émerge de la pensée low-tech, et permet de s'émanciper de la dichotomie entre « refus ou [...] acceptation des techniques<sup>8</sup>» qui ne saurait résumer le débat technologique. La pensée low-tech, donc, est la pensée d'une alternative technique et sociétale, qui, au-delà de souligner notre rapport complexe et nuancé à la technique, trop souvent oublié, propose de réconcilier progrès et vertu à travers des solutions techniques qui seraient « à la fois socialement bénéfiques, écologiquement durables et politiquement démocratiques<sup>9</sup>».

Le terme de low-tech, quant à lui, commence à faire son apparition à la fin des années 1980, notamment avec le livre *High tech, low tech, no tech* de William W. Falk et Thomas A. Lyson. Le terme continue à se populariser et à être décliné en mouvements comme *Cittaslow* (1999). À la fin des années 2000, Kris de Decker crée le *Low-tech Magazine*, qui rassemble des publications en ligne sur les solutions low-tech. En 2014, Philippe Bihoux publie son ouvrage désormais incontournable, *L'Âge des low-tech*. L'année suivante, le projet *Low-tech Lab* est créé.

---

a beaucoup été critiqué. La décroissance revendique plus largement le fait que cet objectif de croissance constante du PIB n'est pas nécessaire à notre survie ; que cet impératif institué est déraisonnable et qu'il nuit aux êtres vivants.

<sup>8</sup> François Jarrige, « Inventer un récit pour les low-tech », *L'avenir sera low-tech*, Socialter, Hors-série n°6, mai-juin 2019, p. 48.

<sup>9</sup> *Ibid.*

### III. La low-tech aujourd'hui

#### 1) Définition

La low-tech, en réaction au modèle technique et économique dominant et ses conséquences dramatiques, a pour bienfait principal de stabiliser le réel : de ralentir les mutations techniques et sociétales. Le modèle low-tech se veut être le modèle technologique d'une société stable<sup>10</sup> et humaniste<sup>11</sup>. Les low-tech sont des techniques qui luttent contre l'accélération et l'aliénation<sup>12</sup> et pour l'inscription de la technique dans le politique.

La technologie low-tech repose sur plusieurs piliers :

- La technologie low-tech est économe en ressources et en énergie tout au long de son cycle de vie.
- La technologie repose sur des concepts simples, facilement compréhensibles pour l'utilisateur qui peut plus facilement se l'approprier et par la suite réparer et adapter les objets.
- La technologie low-tech répond à des exigences de sobriété, elle ne crée pas de besoins artificiels.
- La technologie low-tech permet un gain en autonomie de la part de l'utilisateur car elle ne dépend pas pour son usage d'un service extériorisé ou d'une division du travail. Elle accroît les capacités individuelles de ses utilisateurs.

---

<sup>10</sup> C'est-à-dire soutenable écologiquement et démographiquement, et dans lequel les individus retrouvent une certaine certitude dans l'avenir grâce à des référentiels qui se répètent de manière similaire.

<sup>11</sup> L'humanité et son action technique ne sont pas niées mais louées. Le confort matériel des êtres humains est recherché en ce qu'il permet l'accomplissement des individus.

<sup>12</sup> Aux sens de Rosa et Simondon.

## 2) La low-tech en France

La low-tech étant difficile à définir de manière absolue, de nombreux acteurs revendiquent le concept, bien que leurs activités puissent sembler très divergentes. Il est ainsi complexe de livrer un état de l'art concis de la low-tech en France. Toutefois, un article s'est distingué par sa façon de faire et nous proposons ici d'en faire une forme de résumé qui sera assurément plus parlant qu'une liste désorganisée que nous aurions pu proposer sans cet article.

L'article intitulé « L'Archipel Low-Tech en France » par Christelle Gilabert publié dans *La Pensée écologique*, se propose de décrire la communauté low-tech par le biais de la métaphore de l'archipel. Cette métaphore permet de rendre compte des divergences entre les façons d'aborder la low-tech en France en filant la métaphore sur les différents éléments identifiables dans la low-tech.

Tout d'abord, on trouve les îles de l'archipel, formant les territoires et cultures low-tech :

- Bretagne : à Concarneau, Corentin de Chatelperron a joué un rôle important dans la promotion médiatique du concept low-tech avec des projets comme le Nomade des mers, mais surtout le Low-Tech Lab, figure de proue du mouvement low-tech en France.

- Auvergne-Rhône-Alpes : le Low-Tech Lab de Grenoble chaperonne l'activité d'autres antennes dans la région et participe à la diffusion de la culture low-tech dans les enseignements et la recherche. On a également des projets d'enseignements à l'université Grenoble-Alpes comme Matelow-tech, ou encore à l'INSA Lyon avec la section « ingénieur pour demain ». On peut citer Emmanuel Laurent, avec cette idée que la low-tech ne doit pas se limiter à un aspect gadget mais doit permettre de changer de regard sur la technique.

- Nouvelle Aquitaine : à Poitiers, on trouve notamment Agir Low-Tech, qui soutient des projets partageant cette volonté de sortir la low-tech de sa dimension *do it yourself (DIY)*, pour une approche plus concrète répondant aux besoins des territoires.

- Occitanie : à Toulouse, T-lia une association éducative tente d'intégrer la low-tech en ville et à la campagne. On trouve aussi Transilab, une université citoyenne travaillant sur les enjeux socio-techniques et démocratiques de la transition écologique.

- Ailleurs : de multiples initiatives sont menées dans d'autres régions notamment à Marseille ou en Ile-de-France.

Il est important de noter que ces initiatives ne reçoivent que peu de soutien des collectivités locales (à l'exception de la Bretagne et de l'Ile-de-France), pourtant cette relation devrait être primordiale car la caractéristique locale et politique est intrinsèque à la low-tech.

De nombreuses problématiques contemporaines peuvent trouver des réponses dans la low-tech. Ainsi, différents acteurs tentent de répondre à ces problématiques qui circulent entre les îles (zones d'activité low-tech) : ce sont les pirogues.

- L'énergie : une pirogue majeure. On cherche à capter, stocker et utiliser de l'énergie en limitant notre empreinte environnementale. On peut noter une multitude de projets pour trouver des réponses à ces différentes utilisations de l'énergie, comme par exemple : Apala (poêle fusée à inertie), enerlog (chauffage solaire à air). Dans le cadre de la question de l'autonomie et de la sobriété énergétique, il y a également le centre de formation aux énergies renouvelables. Dans une toute autre démarche, on trouve le Projet Atelier 21 et le livre *Rétrofutur*, qui proposent un retour dans l'histoire sur des techniques oubliées ou méconnues, comme par exemple, une pile qui produit de l'énergie quand elle est chauffée, ou un tramway à air comprimé.

- La construction : elle forme une pirogue qui progresse dans plusieurs directions. On a la fabrication d'infrastructures légères, naturelles, autonomes, peu coûteuses comme l'Habitat Low-Tech du Low-Tech Lab, les modules Unity cube, etc. Il y a aussi des travaux sur l'architecture, les aménagements des territoires, etc. avec les architectes Philippe Madec et Dominique Gauzin-Müller militant pour un renouveau des pratiques dans le milieu et le besoin de sortir d'une vision techniciste. Par ailleurs, de nombreuses associations tentent de réhabiliter des matériaux naturels comme la paille, le bois ou la terre.

- Numérique : pour s'opposer au courant high-tech majoritaire, certains militent pour une sobriété numérique comme Frédéric Bordage et la communauté GreenIT. Il existe également la Maison de l'Informatique Responsable pour sensibiliser sur les conséquences environnementales du numérique. Au niveau hardware, le mouvement se rapproche de la philosophie de l'*open source* avec Raspberry ou Commown ou encore la FFDN (Fédération des fournisseurs d'accès internet associatifs). Sur le plan de la liberté et de l'éthique numérique, on trouve aussi Framasoft. Cependant, ces mouvements de sobriété numérique sont parfois vivement critiqués car ils tentent de légitimer le numérique alors que pour certains, le numérique doit disparaître pour prévenir ses dérives tant au niveau de la sécurité que pour protéger l'environnement.

- Alimentation : du côté du producteur les pratiques respectueuses pour l'environnement sont encouragées avec l'agroécologie, la forêt comestible, etc. Certains encouragent également le développement d'une agriculture urbaine, mais la dimension low-tech de ce type de pratique est critiquée en raison des implications potentiellement high-tech de l'intégration de l'agriculture à la ville. Un acteur notable est l'Atelier Paysan, qui promeut une souveraineté technique agricole, et propose un centre de formation pour fabriquer des outils, et soutenir une agroécologie paysanne. Du côté du consommateur, on soutient l'équipement et le mobilier low-tech. On peut également noter le mouvement *slow-food* (pratique culinaire sobre).

- Gestion des déchets : le débat sur le cycle de vie devient de plus en plus important lors de la conception des objets techniques. À Nantes, on trouve la tricyclerie, où les déchets organiques de restaurants et commerçants sont récupérés à vélo et revalorisés localement. À plus grande échelle, on a le groupement de coopératives Le Relais qui collecte le textile usagé et le revalorise dans des friperies, ou fabrique de l'isolant à partir du textile. On peut aussi citer Recyclivre, qui récupère des livres d'occasions et les revend. Par ailleurs, l'importante communauté Precious Plastic agit pour la revalorisation des déchets plastiques. Enfin, il faut noter la présence d'études pour revaloriser les déchets humains tels que l'urine et les excréments.

- Enseignement : de plus en plus de formations universitaires ou grandes-écoles tentent de formaliser un parcours low-tech au sein des cursus proposés. Mais une crainte demeure celle que cette dimension ne soit que superficielle et pas assez recherchée par les entreprises. En dehors des universités, on compte de nombreux centres de formation et de reconversion participent au chantier low-tech.

Pour porter la voix de la low-tech, des phares émergent de l'obscurité. Ce sont les ambassadeurs de notre archipel low-tech.

- Le Low-Tech Magazine fondé par Kris de Decker, néerlandais précurseur dans le domaine et la diffusion du terme *low-tech* en Europe. Le magazine jouit d'un grand lectorat français. De plus, il est en total accord avec la philosophie low-tech comme avec son site exemple de sobriété numérique.

- Le Low-Tech Lab, déjà évoqué précédemment, jouit d'une popularité médiatique importante (vidéos pour Brut, rédaction d'un numéro spécial du Socialter), qui permet une diffusion du concept de low-tech assez large dans la société.

- Philippe Bihouix, auteur de *L'Âge des Low-Tech*, dans lequel il promeut un avenir low-tech comme seule alternative soutenable face à notre mode de consommation actuel qui nous mènera à notre perte. Devenu la référence sur le sujet, Bihouix est la personnalité à interviewer lorsque le sujet des low-tech est évoqué.

- Yann-Philippe Tastevin, anthropologue de la technique, et Alexandre Monnin, professeur de l'ESC Clermont, prennent régulièrement la parole sur le concept. Alexandre Monnin a notamment participé à la création d'un label low-tech.

- Pour les revues : on trouve *Techniques et Cultures* et *Urbanités* ayant consacré des numéros spéciaux à la low-tech. Il y a aussi *Lo-TEK design by radical indigenism* par Julia Watson.

- L'ADEME, agence pour la transition écologique qui encourage de plus en plus la création de projets low-tech.

Un archipel étant décentralisé, on ne peut vraiment lui associer une institution dirigeante, pourtant il y a bien présence d'un partage entre les différentes îles. Il est donc nécessaire de trouver des chefs d'orchestre, garants de ces partages. Ce sont les voiliers. Ils sont responsables des réunions entre les différentes îles de l'archipel, appelées assemblées du lagon.

- Le Low-Tech Lab s'impose comme le premier voilier, initiateur et épicentre de la communauté. Il est l'auteur de manifestes, chartes, colloques, projets, site web, réseaux sociaux. Il est l'acteur jouissant du plus de visibilité auprès du grand public.

- Le OseOns (*Our Shared Energies — Our Network Solutions*) est un deuxième voilier, avec pour projet de mettre à disposition des méthodologies et techniques communes pour les collectifs low-tech, dans l'apprentissage et l'échange de savoir-faire.

Un autre acteur commence à apparaître sur la scène nationale, c'est le RNALT (Réseau National des Acteurs de la Low-Tech), un groupe de travail désirant se placer à la tête de la low-tech en France, avec une fédération des acteurs.

Le fond de la pensée low-tech n'est pas nouveau, avec son désir de sobriété et d'autonomie. Mais la low-tech permet de faire resurgir des mouvements du XX<sup>ème</sup> siècle qui ont été oubliés.

De plus, la métaphore de l'archipel est intéressante, car cette présentation de la low-tech en France n'est pas exhaustive. Contrairement à un continent dont on peut délimiter les frontières, ce n'est pas le cas d'un archipel : ses frontières restent indéterminées. Cette qualification permet donc de bien rendre compte de la low-tech en France en englobant les plus grandes entités comme le Low-Tech Lab, l'individu solitaire DIY dans son garage, les start-up low-tech ou les artisans. En outre, le Low-Tech Lab propose une illustration représentant cet archipel à voir ci-dessous.

Pour une liste assez complète des projets low-tech en cours à l'échelle de la planète, il est possible se rendre sur le site « [airtable.com](http://airtable.com) », qui comporte une très grande base donnée.



# L'Archipel Low-Tech en France



Carte réalisée pour le Low-tech Lab par Marjorie Masegla, Caroline Boudehen et Laure Rey sur un contenu texte de Christelle Gilbert pour La Pensée Ecologique. © Low-tech Lab 2020

## IV. Présentation de notre démarche d'ingénierie low-tech

Cette démarche est issue de la convergence de réflexions diverses. Elle est née de l'interaction entre les différents questionnements humains sur un monde en mutation, où sont en jeu de nombreux systèmes techniques, où l'inertie des techniques high-tech prend de l'ampleur, et où émerge une demande sociale pour un changement de paradigme. Enfin, elle apparaît dans le contexte particulier du cursus Humanités et Technologie de l'Université de Technologie de Compiègne : un cursus dans lequel nous cherchons à former les futurs ingénieurs aux théories technologiques afin de leur permettre de comprendre les relations entre les individus, la société et la technique.

Ainsi, encadré par Nicolas Salzmann et Guillaume Carnino, est né le projet de construire un guide méthodologique low-tech pour l'ingénieur, dans le cadre de l'enseignement HT05.

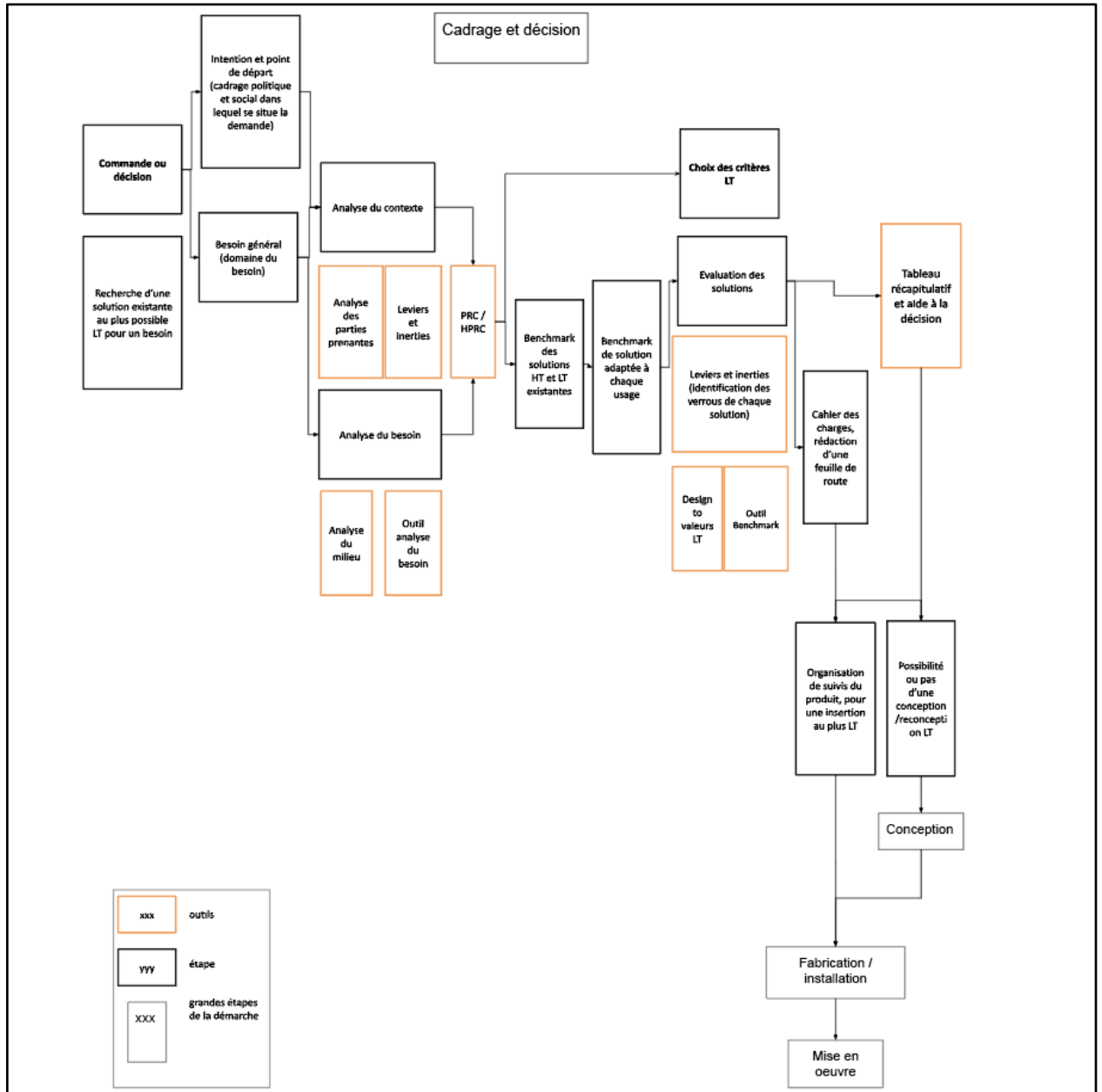
Nous souhaitons livrer une méthode permettant à l'ingénieur de comprendre les enjeux de la low-tech afin de pouvoir ensuite l'appliquer en entreprise, association ou encore au sein d'une collectivité.

La low-tech est un étendard, qui réunit différents acteurs indépendants. Aujourd'hui le concept de low-tech gagne en popularité et est de plus en plus étoffé. Il convient pour nous d'apporter notre pierre à l'édifice. Le mouvement low-tech actuel est une suite d'initiatives isolées, avec la naissance de quelques collectifs, qui cherchent des solutions individuelles à petite échelle. Nous avons à cœur dans cette méthodologie pour les ingénieurs et futurs ingénieurs d'aider le concept à entrer dans le monde de l'industrie et de l'entreprise afin de produire des changements à plus grande échelle.

En effet, ce guide cherche à rendre les dispositifs socio-techniques, créés dans un cadre d'ingénierie, plus durables, sociaux, etc. et ce dès le moment présent. Autrement dit, sans attendre de décision des pouvoirs politiques pour mettre fin à la consommation de masse ni attendre un changement d'échelle de l'économie. Cela signifie au contraire agir à une échelle ancrée dans la société actuelle mais qui permet tout de même de construire et préparer l'avenir, avec un impact qui se veut d'une certaine ampleur.

L'ingénieur peut agir sur des systèmes techniques complexes et très divers en fonction de son domaine d'étude. Ses interlocuteurs sont nombreux et variés, tout comme les mentalités au sein d'un collectif de travail. C'est à l'ingénieur que s'adresse notre guide, afin qu'il puisse agir concrètement au sein d'une organisation, pour la fabrication, la conception et l'analyse de systèmes et d'objets techniques divers. Ce guide doit permettre à ceux qui le souhaitent de faire de la low-tech au sein de leur entreprise comme en dehors, ou du moins à ceux qui essayent et souhaitent faire un maximum pour rendre les systèmes techniques sur lesquels ils travaillent plus durables et sensés.

Le diagramme ci-dessus, présente l'ensemble de la démarche que nous allons détailler dans le rapport avec les grandes étapes de la méthodologie – ensemble des outils qui permettent à l'ingénieur de s'approprier concrètement la low-tech – ainsi que le détail de la partie cadrage et décision que nous avons détaillée au sein de ce rapport.



## Partie 2 : Cadrage et décision pour une démarche low-tech

# Initialisation de la démarche

Que vous soyez entrepreneur, ingénieur, PDG d'une entreprise, quel que soit votre statut, nous vous proposons ici une méthodologie pour la réalisation de projets intégrant une dimension low-tech.

Chaque projet démarre avec le constat d'un manque (déficit de valeur) au sein de notre société et la volonté de le combler. Viennent ensuite différentes démarches pour remplir cet objectif : poursuivre dans le *statu quo* de la société avec la dépendance au sentier du système capitaliste industriel high-tech, ou tenter de s'extirper de ce fossé. Notre méthodologie intervient donc dans le cadre de la seconde démarche, car pour faire sortir la société du sentier capitaliste industriel, le passage par la low-tech semble être une étape majeure.

On fait donc le choix de la low-tech pour prendre le contre-pied de la high-tech. De fait, on vise l'encapacitation des individus dans leur relation à la technique pour leur rendre un statut actif face aux avancées de la technologie. Développer son projet en accord avec les principes de la low-tech est donc en premier lieu un acte politique. Celui de réfuter la dominance du profit sur toute autre valeur, et replacer l'humain et la nature dans une relation de transduction<sup>13</sup> avec la technique.

Pour commencer ce projet, il faut tout d'abord définir un premier objectif, qui sera affiné plus tard. Quel est le type de votre projet (objet, processus, création, amélioration etc.) ? Quel manque est-il censé combler (apport de froid, traitement des eaux etc.) ?

---

<sup>13</sup> Concept théorisé pour la première fois par G. SIMONDON dans *L'individuation à la lumière des notions de formes et d'information*, Jérôme Millon, 2005. Ce terme caractérise une relation de co-construction entre deux entités.

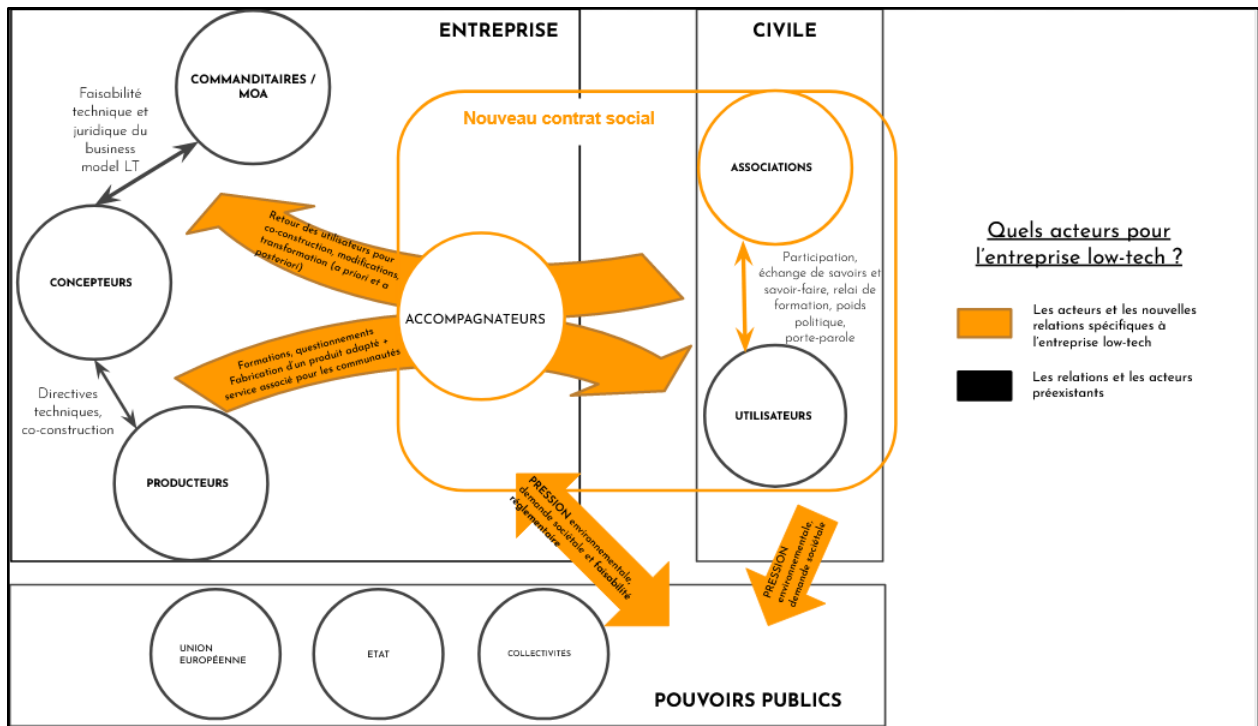
# Analyse du contexte

## 1) Parties prenantes et périmètre de remise en cause

Une fois avoir mis au clair avec le commanditaire les raisons et les attentes sous tendu par l'approche low-tech, il est nécessaire de se pencher sur le contexte, autrement dit, sur l'ensemble des éléments (acteurs, environnements etc.) qui interviennent dans la conception ou l'analyse de l'objet ou processus technique étudié. Il faut avant d'identifier les acteurs, penser à définir l'objet ou le processus étudié : quel milieu pour l'objet, quel type global de population, quel environnement *a priori* favorable. Cette courte analyse pour identifier notre objet sera complétée par l'analyse du besoin.

Dans un premier temps, il faut analyser les différents acteurs ayant à intervenir dans la conception, reconception d'un objet ou d'un processus pour le rendre low-tech. Cette phase est primordiale. En effet, comme dit précédemment, faire de la low-tech est aussi un acte politique où les difficultés d'acceptation sont notamment politiques et juridiques. C'est pour cette raison qu'il faut identifier toutes les personnes ayant à intervenir, le rôle qu'elles joueront dans cette (re)conception, l'échelle à laquelle elles le feront et l'échelle de leurs pouvoirs d'action ainsi que leurs attentes. C'est un moyen de commencer à identifier les éventuels blocages liés aux divergences entre les attentes et, *a fortiori*, entre les acteurs. C'est aussi l'occasion de définir ou de penser des nouveaux rôles spécifiques au low-tech, comme des accompagnateurs, liant entre l'entreprise et les utilisateurs.

Le schéma ci-joint présente l'ensemble des acteurs ayant un rôle dans la production, (re)conception, analyse d'un objet ou processus low-tech. Il permet d'avoir une première vision de ce vers quoi tend l'entreprise low-tech, dans un idéal low-tech.



Un acteur phare de cet idéal est l'accompagnateur : celui-ci est le lien entre l'entreprise et les associations d'utilisateurs. Il permet la communication entre ces deux mondes, et garantit la prise en compte de l'avis et des envies des utilisateurs. Ce nouvel acteur permet de passer d'une approche *top-down high-tech* vers une approche mixte *bottom up - top down low-tech*. L'entreprise garde un pouvoir fort sur sa production, mais elle est significativement plus attentive aux besoins des citoyens. L'accompagnateur récolte les avis en amont de la production, conception, analyse mais il permet aussi de former les utilisateurs au nouveau produit, à sa réparation. Il est chargé d'un service après vente (SAV) beaucoup plus fourni.

Les associations sont aussi un acteur primordial avec lequel conjuguer : elles représentent les utilisateurs qui se retrouvent et adhèrent à un ensemble d'idées, d'idéaux et d'actions. Elles sont aussi un symbole politique fort : possibilité de faire pression sur la société pour accélérer les changements. Enfin elle permet aussi de relayer les formations et informations dispensées par l'entreprise *via* l'accompagnateur. L'idéal est donc à terme de faire émerger de tels acteurs (accompagnateurs et associations) au sein de l'entreprise.

Si l'on revient à une conception plus actuelle des acteurs de la low-tech, le tableau suivant, non exhaustif, permet de penser aux différentes personnes avec lesquelles il faudra conjuguer, leurs rôles actuels et futurs, l'échelle à laquelle ce rôle est joué, ainsi que les attentes des différentes parties prenantes. Les acteurs sont donc structurés en grands acteurs, avec des sous-acteurs (en rouge) qui

sont aussi les différentes personnes qu'il faut identifier avant d'initier un changement d'envergure dans une entreprise pour un objet ou un ensemble d'objets précis.

Utiliser l'outil tension peut être une piste éventuelle une fois les attentes de chaque grands acteurs identifiées.

Grands Acteurs	Utilisateur	La production (l'entreprise)		Construction (génie Civil, Urbain)	Les financements	Administration	Accompagnateurs
	<p>Pour qui on fait l'objet ? le produit</p> <p>Pour combien ?</p> <p>Pour quel type de situation de vie ?</p>	<p>- <b>chaîne de production</b> : différents acteurs car différents processus de fabrication</p> <p>- directeur de production: identifier <b>la personne à même de donner la validation pour un nouveau processus de production</b> - vers un processus de production différent car plus low-tech</p>	<p><b>Informatique</b></p> <p>Penser le développement de l'objet par localisation (favoriser des entreprises FR (éthique) Développement (appli ou logiciel)</p>	<p>Identifier correctement les matériaux afin de travailler avec les bons <b>sous-traitants</b> (entreprise de construction)</p> <p>- penser un <b>accompagnement</b> aux changements dans les constructions</p>	<p>- <b>l'entreprise / l'association</b></p> <p>- éventuellement <b>subventions extérieures</b> (concours d'innovation, subvention de l'État, bonus écologique etc.)</p>	<p>Code et nouvelles règles par rapport aux changements de construction</p>	<p>- suivi des produits après leur vente</p> <p>- organisation de formation pour apprendre aux utilisateurs à s'approprier les outils</p> <p>- Organisation d'éventuels groupes de co-conception, sondages etc.</p>
ECHELLE	Du besoin	<p>- Pour quels <b>acteurs de la production</b>, le changement de produit va avoir un impact (production à la chaîne, nouveaux objets, suppression de certaines étapes, <b>nouvelles commandes à passer (nouveaux matériaux)</b></p> <p>- regarder <b>les zones de fabrication par éléments</b> (déterminer où se situe les sites de production pour les différents besoins, regarder qui et où sont les sous traitants)</p> <p>- Penser à l'interaction entre des <b>acteurs spécialiste pour accompagner</b> les changements de la production ou sur le terrain</p>	<p>Penser la localisation de chaque objet pour rendre compte de l'échelle globale de production</p>		<p>À qui s'adresser pour obtenir les bons financements dans l'entreprise: Au niveau extérieur : UE, National, régional, départemental, communal.</p>	<p><b>Administration de l'entreprise</b> : quels codes pour les différents produits</p> <p><b>GU</b> : définir l'échelle à laquelle se rattache la construction (Bâtiment : PLU, PLUi, SCoT etc.) pour trouver les règles administratives à suivre</p>	<p>Dépend de l'échelle du besoin. Faire un plan de suivis des produits</p>



ATTENTE S	Budget / utilisation / confort / sécurité / réparabilité / au plus neutre pour l'environne ment / longue durée de vie	Coûts de production (Budget de fabrication), mise en place pas trop compliqué, marché important					
--------------	---	---	--	--	--	--	--

Avoir les acteurs, cela permet ensuite de bien définir le **périmètre de remise en cause** défini dans l'entreprise pour le produit — objet ou processus. Il faut se pencher sur les éléments modifiables, et sur ce qui ne pourra être changé. Pour ce faire, il est possible d'utiliser l'outil périmètre de remise en cause (PRC)/ Hors périmètre de remise en cause (HPRC) issus de l'analyse de la valeur. Il ne faut pas oublier que dans le cadre industriel, la partie budgétaire est très importante : pour faire accepter un projet, il faut prouver à l'ensemble des acteurs qu'ils ont un avantage à cela !

## 2) Inerties et leviers

Cette section est consacrée aux inerties pouvant être à l'œuvre dans un dispositif technique. Les inerties sont des facteurs freinant le changement dans un dispositif technique et qui sont plus ou moins fortement ancrés. Ces facteurs bloquants ont donc un certain élan (une inertie), c'est pourquoi il est difficile de les contourner. Souvent, le fait de les contourner peut ouvrir à de nombreuses solutions intéressantes, surtout dans le cas d'une démarche de conception ou de reconception low-tech. Ainsi, la section sera organisée comme suit :

- Définition de l'inertie en général et des différents types d'inertie (parties 1 et 2)
- Pertinence de l'utilisation du concept d'inertie dans une démarche d'ingénierie low-tech (partie 3)
- Présentation d'outils destinés à l'identification des inerties et des leviers au sein d'un système technique (partie 4, 5 et 6)

### 1) Qu'est ce que l'inertie ?

L'inertie est un concept théorisé dans le cadre de la pensée de la technique ou plus largement dans le cadre des sciences humaines. Il rend compte d'un phénomène lié au développement ou au déploiement de dispositifs techniques. Le constat est que la manière dont un système technique est en place induit des pratiques, des habitudes et des techniques environnantes qui contraignent voire empêchent les modifications de ce système.

Nous allons maintenant nous pencher sur les différentes catégories d'inertie qui existent et sur des exemples concrets pour les rendre explicites.

### 2) Différentes catégories d'inertie

#### a) Le *lock-in* (ou dépendance au sentier)

Ici, **l'inertie est purement technique**. Il s'agit d'un phénomène de dépendance créée à l'égard d'un dispositif technique adopté (souvent sans conscience des impacts engendrés dans le futur). On peut parler d'un *gel* dans le temps autour d'un dispositif technique, pour reprendre la formulation de Jaron Lanier (fiche SUSHI). La dépendance est telle que, bien qu'il y ait d'autres solutions techniques envisageables voire meilleures, il est impossible de modifier le dispositif.

Un exemple de *lock-in* bien connu est celui des claviers AZERTY. En effet, les claviers AZERTY tels qu'on les connaît aujourd'hui sont en réalité hérités des machines à écrire. L'agencement des touches a été fait de telle sorte que deux touches voisines ne soient pas activées l'une après l'autre (ce qui avait tendance à bloquer la machine). Bien que le problème n'ait plus lieu d'être, les claviers AZERTY ont été conservés lors de la création des premiers ordinateurs puisque tout le monde avait été habitué à les utiliser. Cela n'a jamais été réellement changé jusqu'à aujourd'hui puisque l'inertie, ici dans l'habitude des utilisateurs, est trop forte. Des claviers optimisés, augmentant la vitesse de

frappe d'environ 30 %, ont bien sûr été créés et commercialisés mais sont encore très peu popularisés. Les raisons qui ont mené à la création de ce type de clavier n'existent plus mais il est tellement ancré dans les habitudes tel qu'il est, qu'il serait trop compliqué de changer le système à grande échelle.

#### b) L'effet parc

Cette notion renvoie à une inertie de coût. À l'origine, il s'agit plutôt d'un coût économique. Le dispositif peut être techniquement dépassé, mais les coûts de son changement sont tels que la solution n'est plus envisageable. Ce concept peut aussi être utilisé dans l'optique d'un coût écologique. Parfois, bien qu'une solution soit plus écologique sur le strict plan individuel du dispositif, il n'est pas envisageable d'effectuer des modifications à grande échelle, car celles-ci aboutiraient à un bilan beaucoup plus délétère. **Pour résumer, l'effet parc, c'est quand le coût de changement global dépasse le bénéfice à échelle individuelle.**

Un exemple assez simple serait celui du parc immobilier. Aujourd'hui, les constructeurs et les aménageurs sont techniquement capables de réaliser des bâtiments avec une bien meilleure isolation thermique par rapport aux bâtiments construits dans les années 1970 ou 1990, qui consomment moins et qui ont un meilleur bilan carbone. Pourtant, il va de soi que cela serait très coûteux économiquement et écologiquement de remplacer l'intégralité des bâtiments construits il y a plus de vingt ans. Les solutions privilégiées sont donc naturellement la rénovation ou le remplacement ponctuel et partiel des bâtiments.

#### c) Le momentum

L'inertie est ici propre au macro-système technique (MST). L'idée du MST est qu'un dispositif technique est entouré de réseaux, de normes, d'acteurs multiples qui forment un grand ensemble aux parties intimement liées entre elles. Un exemple de MST gigantesque est celui de la voiture. La voiture est un dispositif technique qui est en fait entouré :

- d'une multitude d'acteurs (les producteurs de pétrole, les constructeurs automobiles ou de pièces automobiles, les constructeurs de voirie, les constructeurs de parking, les distributeurs d'essence, les réparateurs, les déchetteries, etc. et tous leurs employés) ;
- de structures matérielles (les routes, autoroutes, parking, places de stationnement, infrastructures, signalétique, etc.) ;
- de cadres juridico-politico-économiques (lois autour de la construction, de l'utilisation de la voiture, planification urbaine autour de la voiture (infrastructures, voiries, etc.), influence et puissance des acteurs dans la sphère politique et économique, etc.) ;
- et bien sûr, de l'utilisation même du dispositif et de ses conséquences (activité professionnelle qui dépendrait complètement ou partiellement de l'usage de la voiture, déplacements professionnels, personnels, etc.).

Le macro-système technique de la voiture est particulièrement monumental mais il permet de mieux visualiser ce qu'est un MST et l'ampleur qu'il peut avoir.

Les interdépendances entre les parties de ce tout sont telles que la disparition voire la modification d'un seul élément du système peut rapidement paralyser le MST entier, c'est pourquoi celui-ci acquiert une inertie très forte, et qu'il devient donc difficile d'en modifier un élément. L'inertie du MST est ainsi portée par « des individus (acteurs du MST), des structures matérielles et des cadres juridico-politico-économiques, qui poussent à la pérennité et à la croissance du MST » (fiche SUSHI). Si un seul des éléments du macro-système technique vient à être modifié ou à disparaître (épuisement définitif du pétrole, baisse drastique de l'utilisation de la voiture, etc.), c'est l'ensemble du système qui est remis en cause et qui peut tendre à sa perte.

#### d) *L'habitus*

*L'habitus* est une inertie sociale. Il s'agit d'un concept introduit par Pierre Bourdieu pour qualifier les aptitudes sociales intégrées que l'on acquiert (souvent inconsciemment) et que l'on a tendance à reproduire, tout en les adaptant ou les réinventant à chaque fois. *L'habitus* est à la fois social, puisqu'on l'acquiert et qu'il est reconnaissable par d'autres, et individuel, puisqu'on se l'approprié. En cela, les *habitus* constituent « un système de dispositions sociales réglées, durables et transposables ». Par exemple, la marche est un *habitus*, qui s'accompagne toujours d'une *démarche* propre à chacun.

#### e) L'investissement de forme

L'investissement de forme est une inertie économique, qui rend compte d'un phénomène le plus souvent associé à une marque. Il s'agit d'une construction autour d'un nom ou d'une forme qui aboutit à de fortes représentations dans l'imaginaire collectif. Ainsi, la seule évocation du nom ou de la forme renvoie directement à l'imaginaire créé autour de cette forme et à son potentiel économique. Il existe des marques mondialement connues qui évoquent directement un imaginaire partagé par tous et qui ont un vrai capital économique en elles-mêmes.

#### f) Le *conatus* institutionnel

Issu de la pensée de Spinoza, ce concept rend compte du phénomène propre à tout « étant » qui consiste à persévérer dans son être pour asseoir voire accroître sa puissance d'être. Les institutions font d'ailleurs souvent preuve d'un *conatus*, que Bourdieu nomme *logique d'appareil*. Il est fréquent que l'on privilégie la logique de l'institution et sa conservation aux simples raisons qui ont causé sa création, alors même que ces raisons sont issues d'un contexte qui a pu évoluer, de manière subtile ou drastique.

### 3) Pourquoi le concept d'inertie est-il pertinent dans le cas d'une démarche d'ingénierie low-tech comme la nôtre ?

Notre guide s'adresse aux ingénieurs travaillant potentiellement dans des configurations de production et de distribution à relativement grande échelle et à niveau potentiellement industriel. C'est dans le cadre de cette échelle que s'instaurent beaucoup de macro-systèmes techniques qui ont tendance à se pérenniser, à se complexifier et à s'étendre, et qui tendent donc également à produire

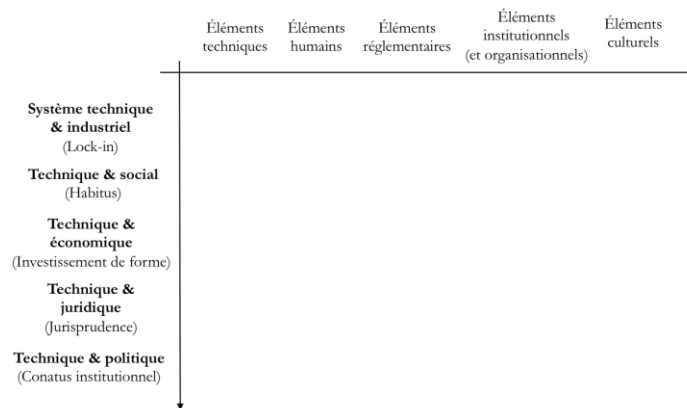
de nombreuses inerties. C'est pourquoi le concept d'inertie est particulièrement pertinent dans le cadre d'une démarche d'ingénierie low-tech. De plus, comme nous l'avons vu, la low-tech s'érige en réaction au modèle politico-économique fondé sur la croissance, l'exploitation outrancière des ressources et le consumérisme. Or, ces schèmes politico-économiques sont souvent profondément ancrés dans les entreprises qui produisent et distribuent à relativement grande échelle, donc il est possible qu'une démarche low-tech rencontre quelques difficultés à s'implanter.

La suite de cette section est donc consacrée à des outils permettant de mieux comprendre, dans un domaine précis, quelles inerties sont à l'œuvre, pourquoi et quels sont les leviers qui permettraient de contrer ou de contourner ces inerties.

Nous allons également présenter l'utilisation de ces outils en se penchant sur une étude du cas du réemploi de matériaux dans le domaine de la construction<sup>14</sup>.

#### 4) Identifier et classer les inerties à l'oeuvre

Notre but, ici, est de mener une démarche d'identification des inerties à l'œuvre dans le dispositif technique étudié, pour ensuite identifier les potentiels leviers qui pourraient contribuer à contrer cette inertie.



L'identification de l'inertie se fera de manière thématique, à travers ce graphe à double entrée. Pour chaque domaine thématique, on examine les différents éléments qui entrent en jeu et on examine si ceux-ci sont porteurs d'une inertie ou non. Pour expliciter la démarche, nous détaillons dans ce qui suit en quoi constituent les différents domaines et les différents éléments qui peuvent contenir des éléments facteurs d'inertie (ces explications sont surtout utiles si les inerties ne viennent pas spontanément dans le graphe à double entrée). À chaque domaine, je me demande donc quel élément pourrait porter une inertie.

##### a) Les différents domaines d'inertie

<sup>14</sup> Notre source majoritaire pour cette étude de cas réside dans le travail de Michael Ghyoot, dont la thèse de doctorat porte sur le sujet et qui est maintenant membre de l'organisation belge Rotor, spécialisée dans les problématiques de réemploi des matériaux dans les constructions et qui travaille notamment à gommer sur les inerties et les leviers (réglementaires, financiers, etc.) à ce sujet.

L'inertie, comme nous l'avons vu, peut prendre différentes formes et s'appliquer à différents domaines. Voici une liste des différentes sphères où une inertie peut potentiellement être à l'œuvre :

- Système technique & industriel

Il s'agit de l'objet central du macro-système technique, ainsi que son système de production (chaîne de production) et comment celui-ci est organisé, agencé, etc. Il s'agit également des éléments techniques environnants. On peut associer ce type d'inertie au lock-in.

- Technique & social

Ici, il s'agit de la manière dont le dispositif technique est appréhendé à l'échelle individuelle, collective et sociétale et des habitudes prises autour de l'utilisation de ces dispositifs (parfois très fortement ancrées). L'inertie est ici assimilée à un *habitus* et elle relève souvent d'éléments humains et culturels.

- Technique & économique

Il s'agit ici de l'ensemble du système économique auquel est rattaché le système technique en question. Il s'agit de la manière dont l'économie régit l'ensemble du système et notamment de son influence sur les différents acteurs du système.

- Technique & juridique

L'inertie dont il s'agit ici est relative aux normes et aux lois. La jurisprudence peut également constituer une forte inertie. L'inertie technique et juridique relève donc souvent d'éléments réglementaires et institutionnels.

- Technique & politique

Il s'agit d'une inertie technique relative au domaine politique pouvant être apparentée à un *conatus* institutionnel. Cette inertie est principalement relative aux appareils institutionnels et aux politiques organisationnelles qui, une fois instaurées et pérennisées, sont difficilement modifiables, quand bien même le contexte qui a mené à leur création pourrait avoir changé de manière radicale. La logique de l'institution a tendance à être privilégiée alors même qu'elle est incohérente dans un cas de figure particulier ou simplement inadaptée à un nouveau contexte général.

Ces différents domaines (technique & social, technique & économique) *peuvent* se rapporter à un type d'inertie cité précédemment (*habitus*, investissement de forme, etc.) mais pas nécessairement.

b) Les différents paramètres qui composent ces domaines et qui peuvent porter une inertie

Voici une liste des différents paramètres qui peuvent entrer dans le cadre des inerties citées plus tôt. Cette liste est regroupée par thématiques (organisées du niveau le plus *micro* au niveau le plus *macro*) mais elle n'est pas exhaustive — il s'agit de donner un ordre d'idée sur les nombreux et

divers éléments qui composent le *dispositif socio-technique*<sup>15</sup> et qui peuvent potentiellement participer à une inertie.

- Les éléments techniques

Ces éléments touchent principalement à l'objet au centre du macro-système technique, celui que l'on considère comme le dispositif technique. Mais ceux-ci peuvent également se trouver dans le système de production de cet objet (chaîne de production, organisation industrielle, etc.) et la manière dont celui-ci est agencé.

- Les éléments humains

Ici, les éléments humains sont principalement les parties prenantes du dispositif socio-technique, allant des concepteurs, des responsables de production aux usagers, en passant par les professionnels participant à la production de l'objet, à son transport, à sa mise en service, à sa maintenance, sa fin de vie, etc.

- Les éléments réglementaires

Les éléments réglementaires sont les textes de lois, les décrets, les arrêtés et la jurisprudence qui encadrent le dispositif, mais également les normes et les standards (internes à l'entreprise ou non) relatifs à la production ou la mise en service du produit par exemple. On peut également y inclure les réglementations à l'échelle locale.

- Les éléments institutionnels

Les éléments institutionnels peuvent être apparentés à ce qu'on appelle une personne morale (de droit public ou privé). Il s'agit donc en majeure partie des pouvoirs publics, des entreprises, des associations, des organismes de formation ou de régulation des métiers. De fait, les éléments institutionnels touchent notamment au caractère organisationnel, aux structures hiérarchiques, etc.

- Les éléments culturels

Ces éléments sont probablement les plus larges, à l'échelle la plus *macro* du dispositif. Il s'agit donc de modes d'usages, des représentations sociales associées au dispositif, mais aussi plus largement d'organisation sociale. De fait, ils peuvent relever des dimensions éthiques, morales, religieuses, etc.

c) Tableau récapitulatif

Une fois que les inerties ont été identifiées, on peut les ordonner dans le tableau suivant.

---

<sup>15</sup> La notion de dispositif socio-technique est propre au cursus Hutech. Elle peut se rapprocher du macro-système technique dans la mesure où elle a pour ambition de replacer un dispositif technique (par exemple la voiture) dans un contexte plus large, composé de nombreux éléments techniques, humains, réglementaires, etc. La notion de dispositif socio-technique s'attache cependant tout particulièrement à considérer attentivement la dimension sociale ou sociétale du dispositif, comme par exemple les activités humaines qui entrent en jeu, les schèmes culturels qui s'y appliquent, etc.

Sources	Aspects à considérer
Systeme technique & industriel	
Technique & social	
Technique & économique	
Technique & juridique	
Technique & politique	

d) Cas du réemploi des matériaux dans le domaine de la construction

Nous allons désormais expliciter notre outil avec l'étude du cas des matériaux de réemploi dans la construction<sup>16</sup>. Les catégories présentées ci-dessus ont leur part de subjectivité et la catégorisation des éléments inertiels peut être discutée : l'important, dans cette démarche, est avant tout d'identifier le maximum de facteurs inertiels pour pouvoir ensuite imaginer les leviers potentiels pouvant jouer dessus.

Le graphe peut être complété de différentes manières :

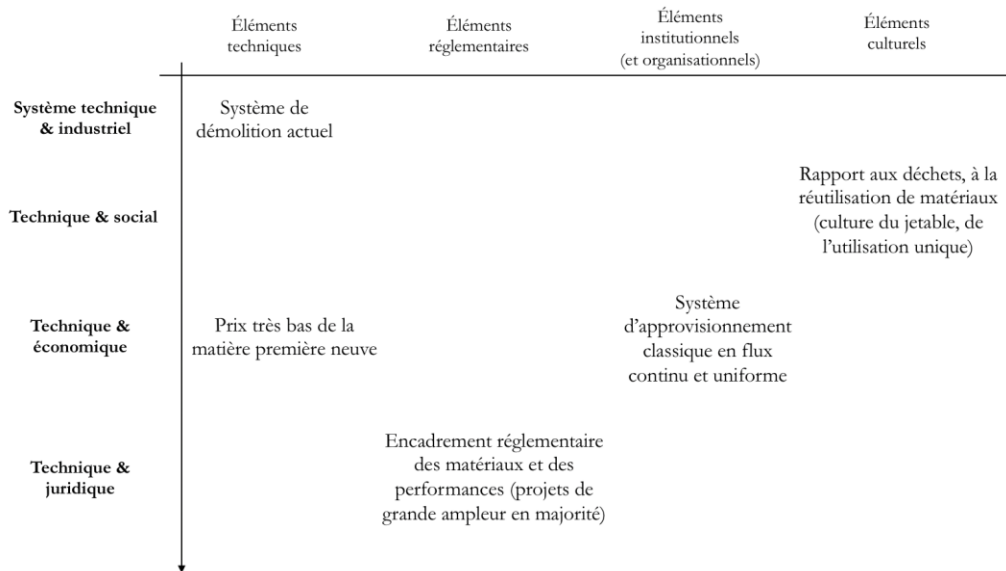
- Soit on a une bonne idée des inerties à l'œuvre et on les range dans les catégories en faisant attention de ne pas avoir oublié de facteurs inertiels en vérifiant chaque ligne et chaque élément ;
- Soit les facteurs inertiels ne nous viennent pas immédiatement à l'esprit et on passe en revue chaque catégorie et les éléments qui lui sont relatifs.

---

<sup>16</sup> Ces problématiques inertielles sont d'ailleurs pour partie similaires à celles des matériaux de construction biosourcés.



Dans notre cas, voici les inerties qui ont pu être identifiées :



Dans la catégorie *système technique & industriel*, l'aspect source d'inertie est *le système de démolition actuel*, qui ne permet pas de garder les composants des bâtiments intacts.

Dans la catégorie *technique & social*, notre élément inertiel réside dans *le rapport aux déchets et à la réutilisation de matériaux* ou encore la culture du jetable, de l'utilisation unique, c'est-à-dire le fait que culturellement et socialement, l'utilisation unique est encore fortement ancrée dans la société. Il en découle que les matériaux de réemploi peuvent être considérés comme des déchets, des produits sales, etc.

Dans la catégorie *technique & économique*, notre premier élément inertiel réside dans *les prix très bas de la matière première neuve*, c'est-à-dire que les matières premières neuves sont particulièrement bon marché, d'autant plus face à des matériaux de réemploi qui, eux, sont plus onéreux car leur prix prend en compte le coût de la main d'oeuvre nécessaire au démantèlement, à la manutention, au transport etc. En cela, l'inertie est purement économique et technique. Notre second élément inertiel est *le système d'approvisionnement classique en flux continu et uniforme*, c'est-à-dire le fait que les entreprises en construction sont habituées à fonctionner avec un approvisionnement de produits identiques, normés, en quantité prévisible et qui ne sont jamais en rupture. Ici, il s'agit d'un fonctionnement économique qui affecte la logique de l'entreprise.

Dans la catégorie *technique & juridique*, notre facteur inertiel est *l'encadrement réglementaire des matériaux et des performances (pour les projets de construction de grande ampleur)*. Il s'agit en effet d'un cadre hautement formalisé qui nécessite des données techniques très précises qui sont difficiles à fournir. Cette inertie est de l'ordre de la réglementation.

On obtient donc le tableau suivant :

Sources	Aspects à considérer
Système technique & industriel	Système de démolition actuel
Technique & social	Rapport aux déchets, à la réutilisation de matériaux (culture du jetable, de l'utilisation unique)
Technique & économique	Prix très bas de la matière première neuve Système d'approvisionnement classique en flux continu et uniforme
Technique & juridique	Encadrement réglementaire des matériaux et des performances (projets de grande ampleur en majorité)

5) Identifier les variations historiques du dispositif étudié, et comment ces variations ont pu induire des inerties

a) Intérêt d'une analyse historique

Dans le cadre d'une recherche d'inerties et donc de leviers, il peut être aussi intéressant de se pencher sur l'histoire du dispositif en question. En effet, les dispositifs ont souvent plusieurs modalités d'usage ou plusieurs techniques. La révolution industrielle du XIXe siècle a profondément modifié les modes de travail, de production, de consommation mais aussi le rapport à l'environnement, à la productivité et même le rapport au temps<sup>17</sup>. La guerre est par ailleurs un facteur important de changements techniques et sociétaux. Ainsi, au-delà des modifications profondes engendrées par la révolution industrielle du XIXe siècle, d'autres modifications techniques et industrielles se sont opérées au XXe siècle notamment suite aux première et seconde guerres mondiales<sup>18</sup>. En résumé, si la nature du dispositif le permet, il est intéressant d'analyser le fonctionnement antérieur au XIXe siècle, quelles techniques ont été introduites au cours du XIXe et du XXe siècle et de comparer avec le fonctionnement actuel.

Ainsi, le dispositif étudié correspond souvent à une histoire des modalités d'usage pour le besoin identifié ou à une histoire du dispositif technique en lui-même. Cependant, le sujet est particulièrement vaste et il n'existe pas d'outil, à proprement parler, pour réaliser une étude historique. Il arrive souvent que le sujet ait déjà été investi par des pairs. De nombreuses sources pourraient contenir des éléments d'étude historique sur le sujet visé.

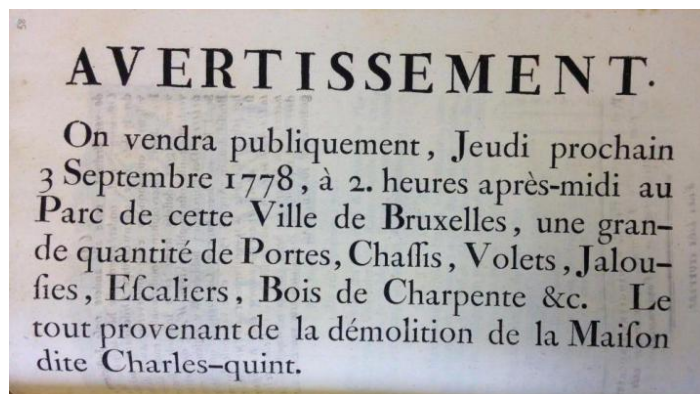
Un exemple d'analyse historique au sein de l'étude de cas sur les matériaux de réemploi dans la construction permet donc de proposer un aperçu de ce qui pourrait être réalisé.

b) Cas du réemploi des matériaux dans le domaine de la construction

<sup>17</sup> Le temps qui était auparavant représenté cyclique devient alors linéaire, car porteur d'un progrès scientifique, technique et sociétal et d'une efficacité toujours grandissante.

<sup>18</sup> Par exemple, c'est après la seconde guerre mondiale que l'agriculture est intensifiée et que les agriculteurs connaissent une reconfiguration majeure de leurs terrains, notamment après le Plan Marshall en France.

Un tour d'horizon sur la manière dont le réemploi a évolué depuis le XVIIIe siècle est un bon indicateur des différents changements qui ont affecté le réemploi. Car en effet, le réemploi n'est pas un phénomène nouveau dû aux récentes préoccupations écologiques et environnementales. Ainsi, jusqu'à la fin du XVIIIe siècle, il était courant pour un propriétaire d'annoncer publiquement que son bien allait être démoli, à travers des affiches placardées dans la ville (voir figure ci-dessous).



*Texte d'un placard (1778).*

*Source : Rotordb.org, "Rotor and reuse" (<http://rotordb.org/en/stories/rotor-and-reuse>)*

La démolition du bâtiment était alors une source de profit sûre, pour le propriétaire comme pour les constructeurs.

Au cours de la seconde moitié du XIX<sup>e</sup> siècle, les importants travaux menés par le baron Haussmann sous le Second Empire au sein de Paris furent une source colossale de démolition et donc de matériaux de construction à réutiliser. C'est sur cette filière que certains ont fondé leur fortune, comme Achille Picart.

Mais la seconde moitié du XIX<sup>e</sup> siècle voit également apparaître des techniques de démolition. Vers 1846, la nitroglycérine<sup>19</sup> est découverte. Elle est d'abord très sensible aux chocs ce qui rend sa manipulation difficile. Dans les vingt années qui suivent, plusieurs avancées, dont la découverte que l'associer avec une roche sédimentaire la stabilise, mène à l'élaboration de la dynamite telle qu'on la connaît (attribuée à Alfred Nobel). Parallèlement, les premiers marteaux piqueurs hydrauliques sont mis au point. Plus tard, au début du XIX<sup>e</sup> siècle, on assiste à l'apparition de chalumeaux. Enfin, notamment avec la seconde guerre mondiale, l'utilisation d'engins tels que les bulldozers ou les boules de démolition est généralisée.

Dans les années 1920, la pression immobilière pousse les entrepreneurs et les constructeurs à privilégier les opérations immobilières à la récupération des composants susceptibles d'être réutilisés. La conjoncture économique est telle que le bénéfice réalisé à travers le réemploi des matériaux est négligeable face au profit réalisé par les opérations immobilières, si bien que les promoteurs immobiliers délaissent le réemploi et mettent l'accent sur la rapidité de la démolition (notamment à travers des primes), les processus de démolition étant particulièrement longs.

Par ailleurs, le XX<sup>e</sup> siècle voit les matériaux se diversifier à l'extrême, ce qui complexifie énormément le réemploi des matériaux de construction. Les causes peuvent être diverses

---

<sup>19</sup> « La nitroglycérine (...) est un composé chimique liquide dense, incolore, huileux, explosif et hautement toxique, obtenu par condensation du glycérol avec l'acide nitrique ». Wikipédia, *Nitroglycérine*, consulté le 15 décembre 2020.

et variées, allant de la course au progrès et au profit à travers la recherche scientifique et l'innovation, jusqu'à la mondialisation et la libéralisation.

Enfin, le coût de la main d'œuvre devient de plus en plus cher en comparaison avec le coût de la matière première. Dans une logique purement financière, donc, l'utilisation de matières premières et la démolition rapide des bâtiments est bien plus avantageuse que l'emploi d'une main d'œuvre nombreuse et coûteuse pour le réemploi.

Pour résumer, les changements notables qui ont influé sur les pratiques de réemploi sont les suivants :

- L'apparition de techniques et d'engins propres à la destruction et à la démolition (~ 1850-1950) ;
- la pression immobilière grandissante et la volonté de rapidité dans les opérations immobilières (à partir des années 1920) ;
- la diversification à l'extrême des matériaux de construction (XXème siècle) ;
- le coût de la main d'œuvre (de plus en plus cher) en comparaison avec le coût des matières premières (de moins en moins cher) (XXème siècle).

Ce premier tour d'horizon nous permet de voir quels sont les éléments qui ont rendu le réemploi plus compliqué ; mais aussi que les sources en sont multiples, qu'elles ne sont pas seulement techniques, ou seulement économiques, etc. ; que l'introduction d'une nouvelle technique n'est jamais anodine (l'exemple étant assez évident ici) et que, ce faisant, la technique n'est pas neutre.

Nous pouvons alors mettre en relation ces éléments avec ceux que nous avons cités plus tôt, dans la partie d'identification des leviers :

- Les techniques et engins de démolition, la nécessité de travailler rapidement ainsi que le coût de la main d'œuvre ont participé au devenir du système de démolition actuel ;
- l'importante diversification des matériaux de construction contribue à complexifier les normes, les cahiers des charges et le système de réglementation et de normalisation des matériaux (fiches techniques, Documents Techniques Unifiés, tests, etc.).

Plus largement, le changement des modes de production, de consommation, de vie ainsi que celui des paradigmes économiques et du rapport au temps contribue aisément à expliquer la volonté de rapidité dans les opérations immobilières, et donc la parfaite rentabilité du système actuel tout comme son système d'approvisionnement en flux continu et uniforme, caractéristique d'un système capitaliste. Quant aux clichés sur les matériaux de réemploi, on peut facilement deviner combien ces processus ont tout simplement été oubliés, rayés de la mémoire au profit d'une certaine culture du jetable et d'une certaine aseptisation.

- 6) Identifier comment l'inertie peut être contrée et quels sont les leviers potentiels pour agir

Une fois que les inerties ont été identifiées et potentiellement expliquées par une analyse historique, il convient de trouver les leviers qui pourraient jouer en notre faveur et qui pourraient contrer ou agir sur l'inertie.

a) Déroulé du tableau inerties/leviers

Chaque aspect à considérer est replacé selon la catégorie à laquelle il appartient (2ème colonne). En découle ensuite l'inertie potentielle (3ème colonne) : celle-ci est déduite assez naturellement. Trouver l'inertie potentielle découlant d'un aspect donné revient plus ou moins à se poser la question suivante : qu'est-ce qui est produit quand cet aspect du système technique est face au dispositif<sup>20</sup> ou entre en friction avec lui ? En quoi cet aspect pose problème dans le cas du dispositif, quelles conséquences a-t-il sur le dispositif ? Quelle est l'incompatibilité ?

La 4ème colonne est ensuite consacrée à la manière dont on peut contrer l'inertie. En somme, que faudrait-il faire pour résoudre l'incompatibilité tout en favorisant l'apparition du dispositif ou du processus désiré ? Il s'agit de donner des axes concrets de travail sur un blocage ou une incompatibilité.

Ensuite vient l'identification de leviers pouvant contribuer à contrer cette inertie, c'est-à-dire l'argument clé ou le moyen d'incitation voire de pression pour introduire le nouveau dispositif ou processus.

Enfin, la dernière colonne est consacrée à l'approfondissement d'un levier : comment profiter, en pratique, de ce levier, et à travers quelle(s) action(s) ? Cette catégorie n'est probablement pas la plus importante du tableau puisque le levier n'appelle pas nécessairement à des études complémentaires ou des actions mais se suffit à lui-même.

Cela revient à remplir le tableau suivant :

Sources	Aspects à considérer	Inertie potentielle	Que peut-on faire pour contrer cette inertie ? (Études complémentaires/actions)	Levier potentiel	Que peut-on faire pour profiter de ce levier ? (Études complémentaires/actions)
Système technique & industriel					
Technique & social					
Technique & économique					
Technique & juridique					
Technique & politique					

b) Cas du réemploi des matériaux dans le domaine de la construction

Voici ce à quoi on pourrait aboutir dans le cas des matériaux de réemploi :

---

<sup>20</sup> Pour notre étude de cas, il s'agit donc ici des matériaux de réemploi.

Sources	Aspects à considérer	Inertie potentielle	Que peut-on faire pour contrer cette inertie ? (Études complémentaires/actions)	Lever potentiel	Que peut-on faire pour profiter de ce levier ? (Études complémentaires/actions)
Système technique & industriel	Système de démolition actuel	Le système de démolition actuel ne préserve pas techniquement les composants du bâtiment	Interdire la démolition des bâtiments au profit d'une logique de démantèlement		
Technique & social	Rapport aux déchets, à la réutilisation de matériaux (culture du jetable, de l'utilisation unique)	Les matériaux de réemploi font l'objet de clichés, d'une méconnaissance et sont ainsi relégués au rang de second choix (ou au contraire comme des pièces hors de prix)	Intégration de la thématique du réemploi dans les formations Stimulation de la recherche sur les matériaux de réemploi et leurs caractéristiques	Urgence climatique, nécessité d'adopter des techniques moins délétères	Former les acteurs aux problématiques environnementales de la construction, aux avantages du réemploi et montrer que cela ne met pas l'entreprise en péril
Technique & économique	Prix très bas de la matière première neuve Système d'approvisionnement classique en flux continu et uniforme	Rentabilité impeccable de la filière classique face à laquelle la main d'œuvre de démantèlement apparaît trop coûteuse Incompatibilité de l'approvisionnement avec le système intermittent des matériaux de réemploi	Faciliter la communication entre entreprises de démantèlement et entreprises de construction Démocratiser et systématiser l'utilisation de matériaux de réemploi	Augmentation de la recherche sur les procédés efficaces de démantèlement Partenariats entre les entreprises Aides financières, structurelles et réglementaires facilitant la maintenance ou prenant en charge une partie de la main d'œuvre	
Technique & juridique	Encadrement réglementaire des matériaux et des performances (projets de grande ampleur en majorité)	Nécessité d'une rigueur absolue dans l'expression des performances techniques, des fiches techniques et des cahiers des charges à laquelle les matériaux de réemploi ne peuvent se conformer	Mettre au point des processus de tests sur les matériaux de réemploi Retrouver les caractéristiques techniques des matériaux	Aides financières et réglementations sur le démantèlement et le réemploi Augmentation de la recherche sur les méthodes de tests	Proposer aux établissements de formation et de recherche de travailler également sur le sujet pour allier recherche et formation

Nous allons détailler le processus de réflexion pour la ligne *technique & social*. Notre aspect facteur d'inertie était, rappelons-le, le rapport aux déchets et à la réutilisation de matériaux, qui renvoyaient à la culture du jetable et de l'utilisation unique.

En ce qui concerne l'inertie potentielle, les représentations autour de l'utilisation unique génèrent donc des préjugés négatifs sur les matériaux de réemploi, qui sont relégués au rang de second choix, voire de déchets. À l'inverse, ils sont parfois associés à des antiquités et donc sont considérés comme des produits hors de prix. Dans tous les cas, ils ne sont pas vus comme des matériaux de construction propres à la consommation telle qu'on l'entend communément.

Les représentations culturelles peuvent être particulièrement tenaces, c'est pourquoi on y remédie souvent à travers des formes d'éducation et de formation. Ainsi, un moyen de contrer cette inertie pourrait être l'intégration de la thématique du réemploi dans les formations. On pourrait également stimuler la recherche sur les propriétés des matériaux de réemploi.

Un levier pour cela pourrait être l'argument de la crise climatique qui légitime réellement le recours à de tels principes. Cet argument est de plus en plus pris au sérieux, notamment dans le cadre des formations.

Enfin, une manière de profiter de ce levier pourrait résider dans la formation des acteurs du milieu aux problématiques environnementales de la construction et aux avantages du réemploi. Cela permettrait de prouver que ces méthodes ne mettent pas l'entreprise en péril.

# Analyse du besoin

À l'étape précédente, le lecteur a réalisé une analyse du contexte pour comprendre quels étaient les enjeux principaux qui intervenaient dans sa démarche.

Nous lui proposons dans un second temps de procéder à une analyse du besoin. Cette analyse est fondée sur une différenciation et une typologie des utilisateurs auxquels on associera un besoin « au juste nécessaire ». Cette analyse permet de comprendre, dans le cas d'une reconception, si le produit dans sa forme actuelle est bien ajusté et de commencer à entrevoir certaines marges de manœuvre pour l'améliorer. Dans les deux cas (conception et reconception), cette démarche permet de questionner le besoin et de le réduire au juste nécessaire pour une personne X dans un contexte Y.

## 1) Définition du besoin

Dans le domaine de la conception, un produit est créé pour rendre service à un utilisateur afin qu'il puisse satisfaire un besoin. Mais qu'est-ce donc au juste un besoin ? Peut-on créer un produit standard qui satisfasse au juste nécessaire les besoins de chacun ?

Le besoin revêt de nombreuses définitions. Les notions de nécessité et de manque sont présentes dans toutes les différentes significations du besoin. Une des définitions communes est la suivante : « sentiment de privation qui porte à désirer ce dont on croit manquer ». Cette définition met en lumière toute l'ambivalence du besoin et explique pourquoi, dans une démarche low-tech, il est nécessaire de le questionner pour tendre vers ce dont on a vraiment besoin plutôt que vers ce dont on croit avoir besoin afin de limiter l'apport en ressources nécessaire à sa satisfaction.

## 2) Démarche

Pour déterminer le nécessaire à un groupe de personnes X notre démarche comportera trois étapes. La première sera l'étude de situations de vie lambda permettant d'avoir un premier regard sur le besoin à satisfaire. Puis, vous serez amené à compléter un diagramme du besoin, permettant de mettre en avant les critères à étudier. Enfin à l'aide d'un ou plusieurs tableaux, vous identifierez et regrouperez les besoins associés à chaque critère.

Cette partie est suivie d'un exemple applicatif sur le besoin : laver son linge.

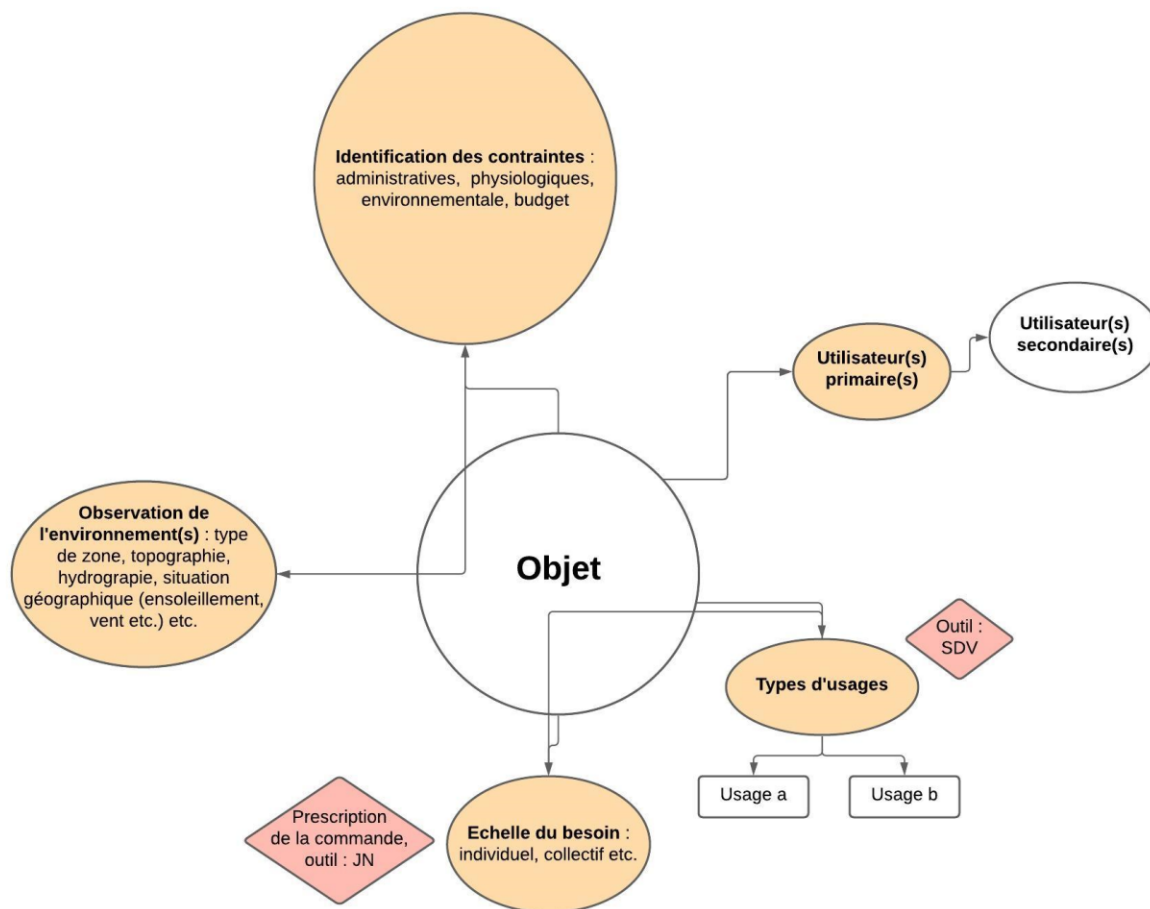
Vous pouvez trouver en dessous de chaque outil générique un lien vers un schéma sur Lucidchart qui vous permet de modifier l'outil librement en fonction de vos besoins.

NB : cette démarche ne nécessite pas d'être utilisée dans sa totalité pour chaque outil ou processus étudié. Sentez-vous libre de passer une étape si le livrable de celle-ci vous semble déjà évident.

a) Démarche générique

**Objectif** : Analyse du besoin, identifier, différencier et finalement regrouper les différentes situations de vie et leur associer des besoins.

**Étape I** : A l'aide de l'outil situation de vie (2)<sup>21</sup>, je propose certaines situations de vie qui me viennent instinctivement lorsque je pense à l'utilisation de mon objet.



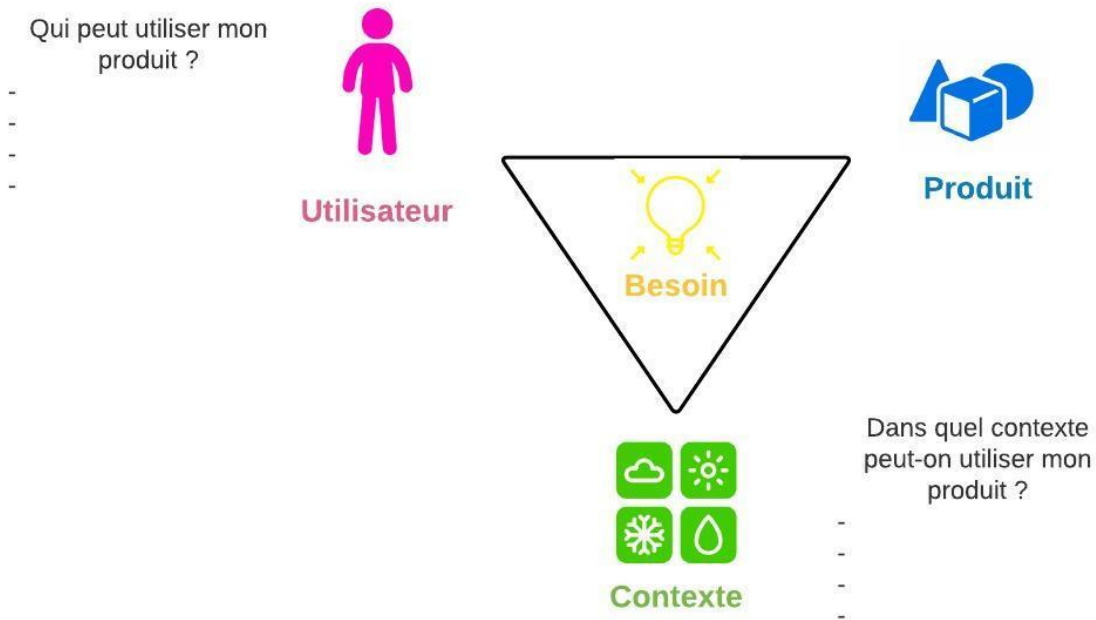
<https://app.lucidchart.com/lucidchart/invitations/accept/8fd54ebb-a14b-4bb9-92ac-b91097d34a7f>

<sup>21</sup> L'outil s'appelle Situation de vie (2) en référence à l'outil proposé dans le polycopié de l'Unité de Valeur DIO5, enseignée à l'Université de Technologie de Compiègne (UTC) par M. Nicolas Salzmänn, également rédacteur de ce polycopié.



**Étape 2** : Je complète le diagramme du besoin à partir des différentes situations de vie étudiées. J'essaie d'identifier les facteurs qui varient entre les différentes SDV : ce sont les critères que je vais étudier.

*Exemple : Pour une voiture, les critères peuvent être le nombre de place dans la voiture, le nombre de kilomètres et le type de route empruntée*



<https://app.lucidchart.com/lucidchart/invitations/accept/f4929a14-9de9-4e18-af6f-eb90aardbb8f>

**Étape 3** : J'identifie les besoins correspondant à mes différents critères et je les regroupe si nécessaire. Pour cela, je décompose mon critère en sous-critères (si ce n'a pas déjà été fait à l'étape précédente). Puis en fonction du nombre de critères, de sous-critères et de l'objet lui-même, je décide du nombre de tableaux à double entrée que je vais réaliser. Ce tableau est censé représenter l'intégralité des cas possibles. Je détermine le besoin associé à chaque cas.

Modèle possible du tableau

Critère 1	Cas 1	Cas 2	Cas 3	...	Cas X
Sous-critère 1	Red	Green	Red	Grey	Green
Sous-critère 2	Red	Red	Green	Grey	Green
Sous-critère 3	Red	Red	Red	Grey	Green
...					
Besoin associé					

Le rouge et le vert représentent une différence au niveau de l'appropriation du critère. Selon l'objet, il peuvent signifier nombreux ou peu nombreux ou encore lent, ou rapide. Un modèle de tableau complètement rempli est proposé dans l'étude de cas.

J'essaie ensuite de rassembler les différents cas du tableau ayant les mêmes besoins.

Si j'ai plusieurs tableaux, je combine ensuite les nouveaux cas des différents tableaux dans un dernier tableau à double entrée.

NB : Dans le cadre d'une volonté de développement industriel, il est intéressant de coupler cette troisième étape avec une étude statistique pour savoir quel pourcentage de la population représente chaque cas.

b) Etude de cas : laver son linge

Étape 1 :

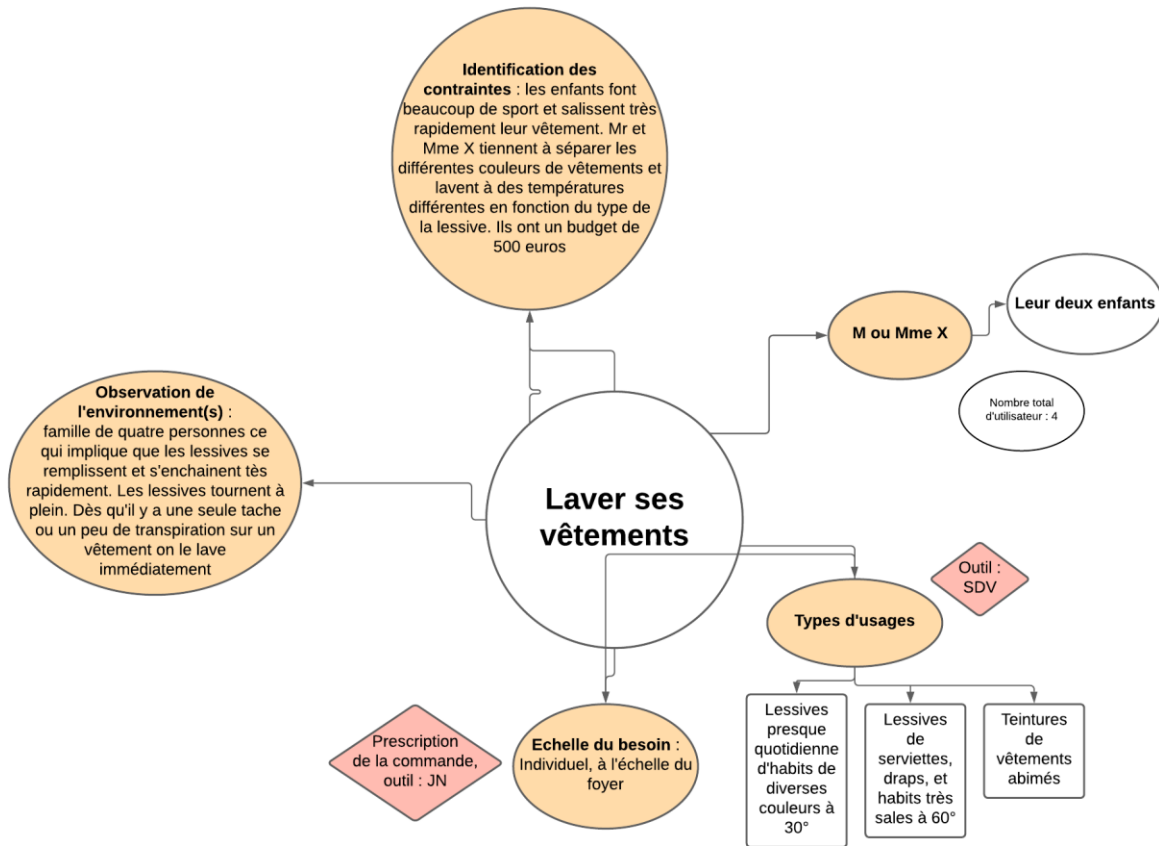
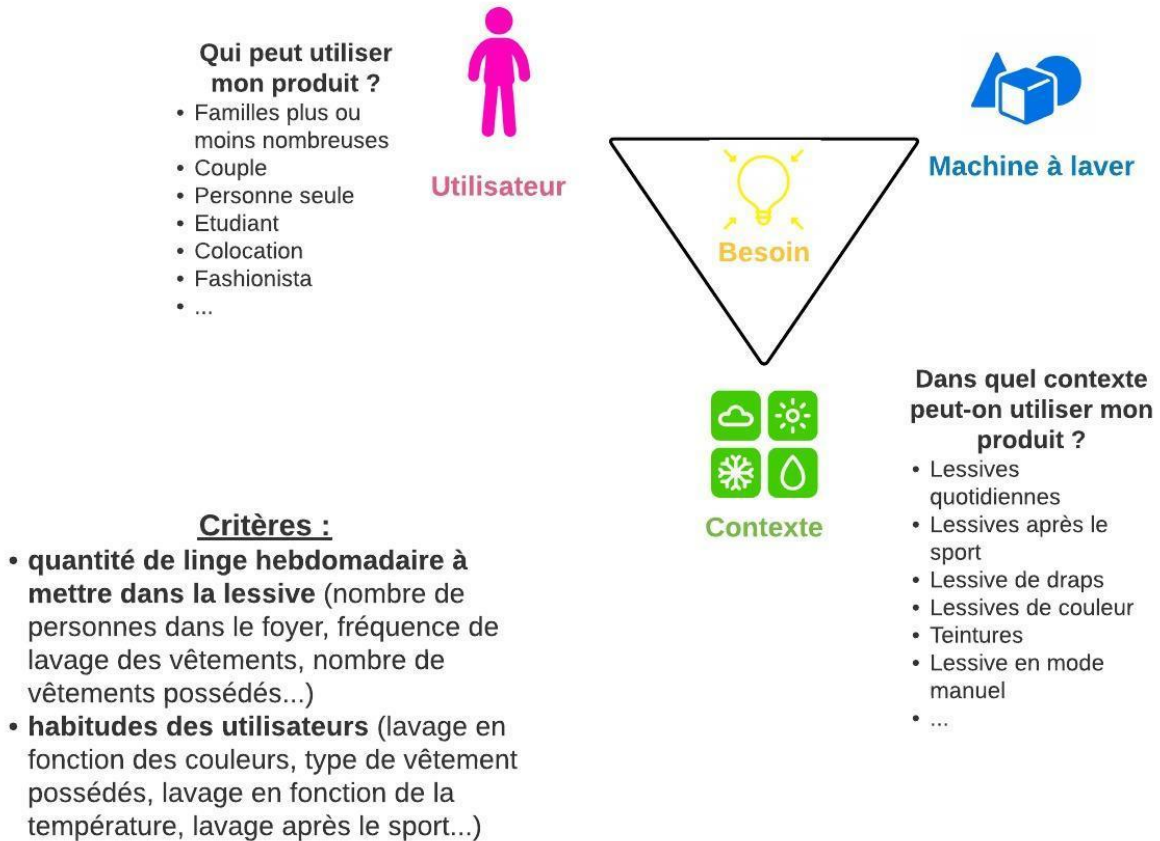


Schéma d'une situation de vie associée au besoin "Laver son linge"

## Etape 2 :



*Diagramme du besoin du besoin "laver son linge"*

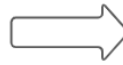
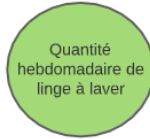
## Etape 3 :

## Laver son linge

Sarah Dubus | December 14, 2020

**Grande question transversale aux critères :** Quelle quantité de linge ais-je à laver ? Ais-je toujours la même quantité de linge à laver ?

**Critères :**



**Deux possibilités :**

1. je fais un tableau regroupant les deux critères
2. je fais deux tableaux, un pour chaque critère

**Sous-critères:**

- nombre de personnes dans la famille
- fréquence de lavage des vêtements
- nombre de vêtements possédés

- lavage en fonction des couleurs
- lavage en fonction de la température
- lavage après le sport
- type de vêtements possédés
- ....

=> On choisit ici de faire deux tableaux pour mieux expliciter la démarche

Critère 1 :

Critères	Cas 1	Cas 2	Cas 3	Cas 4	Cas 5	Cas 6	Cas 7	Cas 8
Nombre de personnes	Vert	Vert	Vert	Rouge	Vert	Rouge	Rouge	Rouge
Fréquence de lavage des vêtements	Vert	Vert	Rouge	Vert	Rouge	Vert	Rouge	Rouge
Nombre de vêtements possédés	Vert	Rouge	Vert	Vert	Rouge	Rouge	Vert	Rouge
Besoin associé	Besoin de faire beaucoup de lavage dans une semaine. Petite latitude possible cependant comme les personnes possèdent beaucoup de vêtements	Besoin de faire un nombre très important de lavages dans une semaine	Les lessives de la famille sont remplies. Cependant, comme le nombre de lessives est peu fréquent, il serait possible d'envisager un partage de machine à laver	Problème : les personnes lavent fréquemment leurs vêtements mais sont peu être en partie vide au moment de lancer la lessive	Les lessives de la famille sont remplies. Cependant, comme le nombre de lessives est peu fréquent, il serait possible d'envisager un partage de machine à laver. Moins de latitude que le cas 3 cependant comme moins de vêtements	Problème : les personnes lavent fréquemment leurs vêtements mais sont peu être en partie vide au moment de lancer la lessive. De plus, elles sont obligées de les laver souvent car elles en possèdent peu	Les lessives sont remplies mais la machine tourne très rarement.	Les lessives sont remplies mais la machine tourne très rarement.
	Vert = nombre important							
	Rouge = nombre peu important							

Tableau des cas et besoins associés au besoin "laver son linge"

On regroupe les cas 1 et 2, les cas 3, 5, 7 et 8 et les cas 4 et 6.

Cas 1 et 2 = Cas A : le besoin semble satisfait au juste nécessaire

Cas 3,5,7 et 8 = Cas B : la machine tourne en sous-utilisation

Cas 4 et 6 = Cas C : la machine est souvent non totalement remplie au moment de son utilisation.

La machine convient bien pour deux cas sur 8.

On fait la même chose pour le deuxième critère. On obtient deux types de cas.

Cas 1 : les machines sont toujours remplies

Cas 2 : les machines tournent souvent peu remplies car les utilisateurs lavent certains types de vêtements séparément.

On combine ensuite les deux critères dans un tableau à double entrée pour avoir les cas définitifs et leurs besoins associés. On pourra toujours remonter dans les tableaux précédents pour voir à quel type de foyer est associé quel besoin.

# Les indicateurs low-tech et le choix des critères

## 1) Présentation des outils

Les outils d'indicateurs low-tech qui vont être présentés dans cette partie peuvent être utilisés dans :

1. **Le choix des critères** : les outils permettent de prendre connaissance des différents indicateurs low-tech et de se rendre compte de ses priorités. L'outil peut aider à répondre à cette question : Quels sont nos objectifs en terme de low-tech ? Quels sont nos critères prévalents ? Ce choix de critères va dépendre du contexte de low-techisation. Il convient de distinguer notamment :
  - Le cas d'un collectif qui cherche à développer des solutions favorables à la création de collectifs autonomes (de conception, d'utilisation et d'entraide) ;
  - Le cas d'un industriel qui veut développer une solution low-tech tout en en restant le fabricant et commercialisateur (que ce soit en BtoB (business to business) ou BtoC (business to customer)).
2. **L'évaluation des solutions** : Les outils permettent d'évaluer le niveau de low-techisation d'un dispositif, par exemple pour comparer différentes solutions d'un benchmark. L'outil peut aider à répondre à cette question : Quels critères low-tech sont remplis par le dispositif ? A quel niveau ? Il n'y a pas de réponse binaire, mais un curseur à placer.

Nous proposons ici différentes configurations des indicateurs low-tech, qui peuvent être choisies en fonction des préférences de chacun ainsi que du contexte d'utilisation.

- **Configuration 1** : construite à partir des valeurs ou objectifs globaux
  - Dans le cadre du choix des critères, à utiliser de gauche (valeurs, objectifs globaux) à droite (critères).
  - Dans le cadre de l'évaluation des solutions, à utiliser de droite à gauche
- **Configuration 2** : construite à partir du cycle de vie

Nous avons choisi de proposer ces deux configurations car chacune a des avantages :

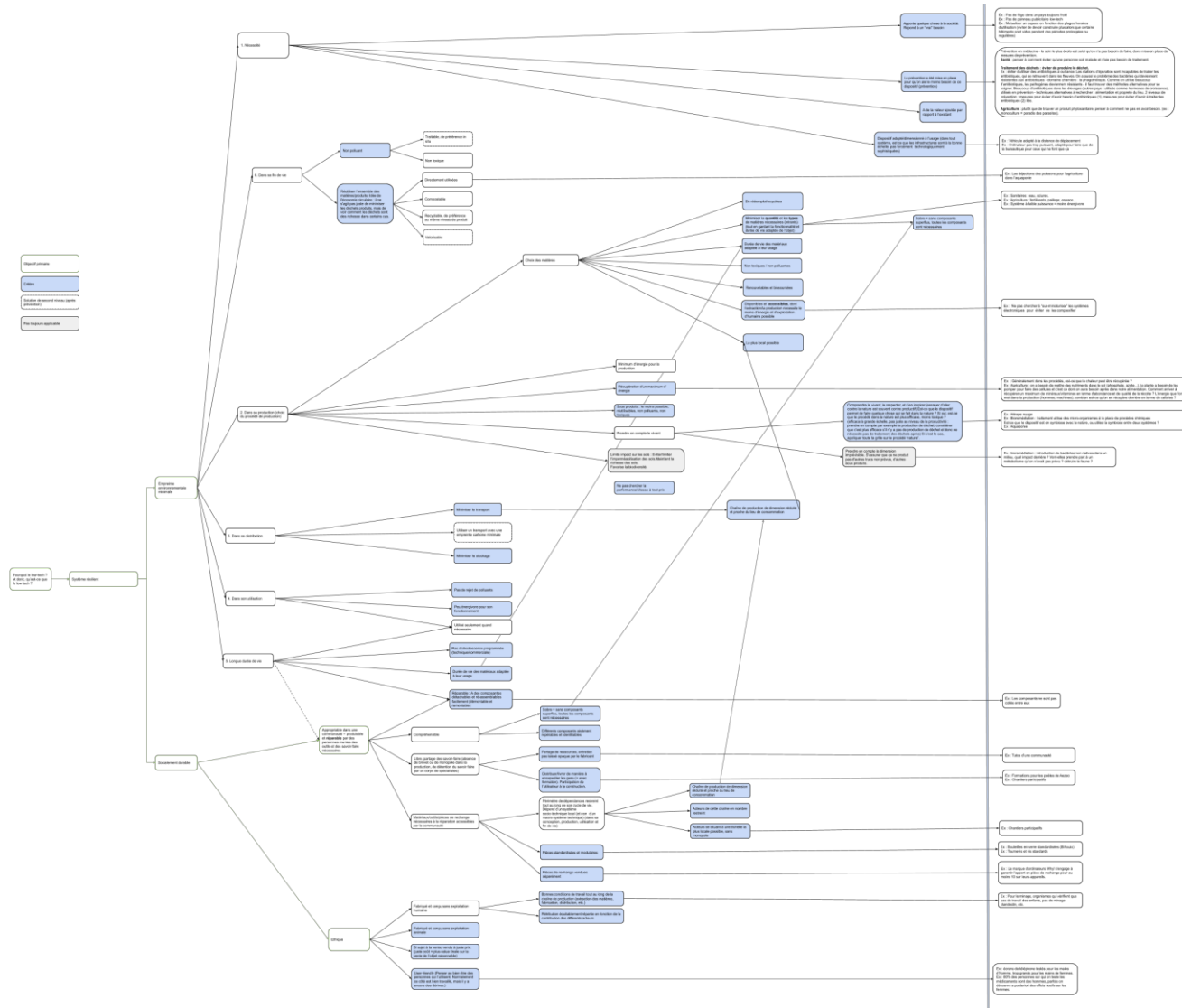
- La configuration 1 permet d'éclaircir les objectifs globaux, et voir à quels objectifs chaque critère répond. Il permet également d'évaluer le respect d'une valeur dans sa globalité.
- La configuration 2 permet d'avoir une vision temporelle avec les étapes du cycle de vie d'un dispositif, avec à chaque étape à la fois des critères humains et des critères environnementaux. Il permet entre autres au concepteur de choisir des critères seulement sur quelques phases du cycle de vie. Contrairement à la configuration 1, le mélange des valeurs humaines et environnementales incite davantage à l'intégration de valeurs qui ne seraient peut-être pas les plus importantes pour le concepteur à l'origine, en montrant les considérations à la fois environnementales et humaines à chaque étape du cycle de vie.

Chaque configuration est disponible sous forme de FAST et de liste indentée.

## 2) Les outils des indicateurs low-tech

a) Configuration 1 : à partir des valeurs

FAST (configuration en format .svg disponible en pièce jointe) :





Liste :

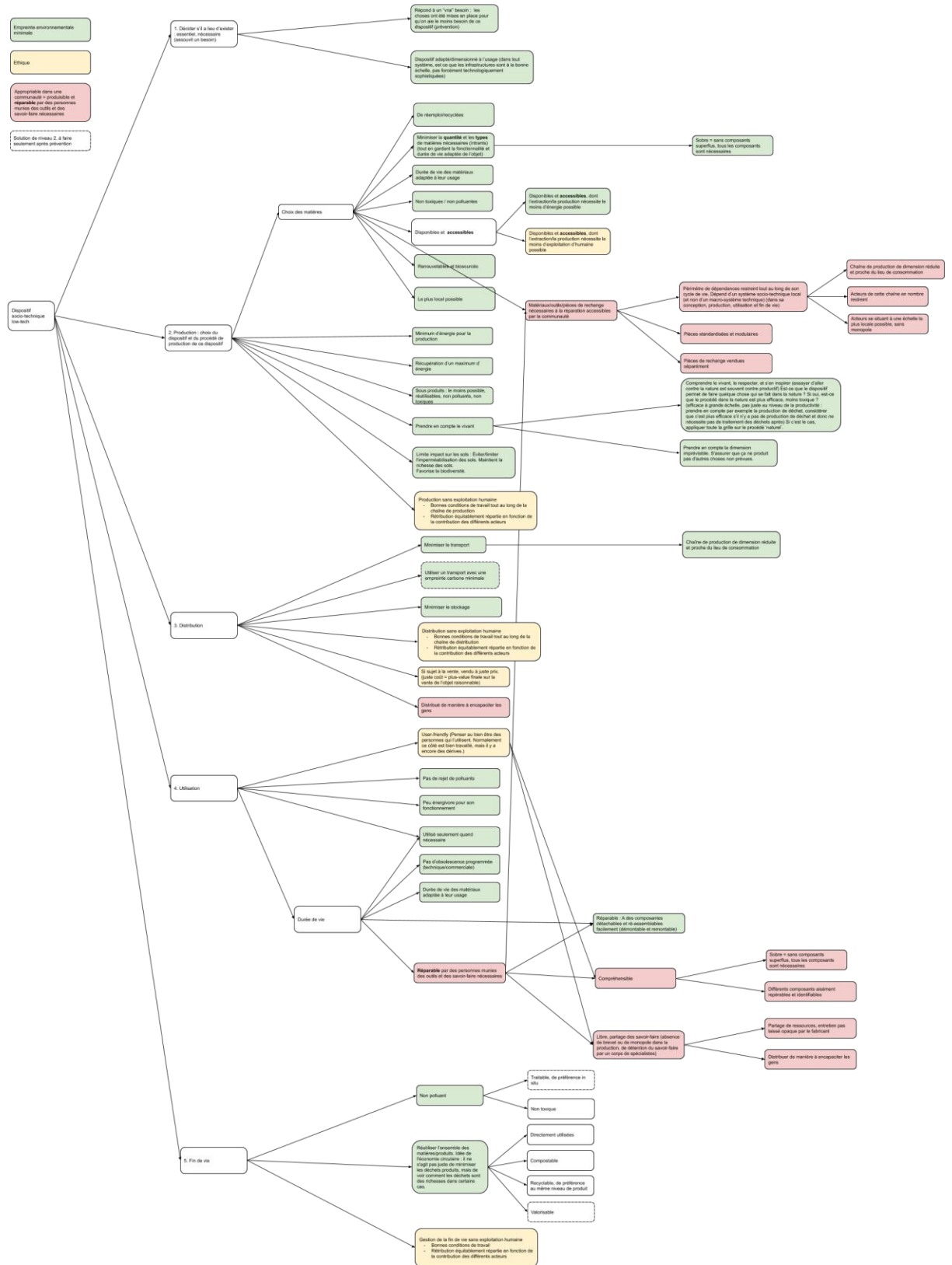
- A une empreinte environnementale minimale**
  - Est essentiel
    - Apporte quelque chose à la société. Répond à un « vrai » besoin
    - La prévention a été mise en place pour qu'on aie le moins besoin de ce dispositif (prévention)
    - A de la valeur ajoutée par rapport à l'existant
    - Dispositif adapté/dimensionné à l'usage (dans tout système, est ce que les infrastructures sont à la bonne échelle, pas forcément technologiquement sophistiquées)
  - Dans sa production (choix du procédé de production)**
    - Choix des matières
      - De réemploi/recyclées
      - Minimiser la quantité et les types de matières nécessaires (intrants) (tout en gardant la fonctionnalité et durée de vie adaptée de l'objet)
        - Sobre = sans composants superflus, tous les composants sont nécessaires
      - Durée de vie des matériaux adaptée à leur usage
      - Non toxiques / non polluantes
      - Renouvelables et biosourcées
      - Disponibles et accessibles, dont l'extraction/la production nécessite le moins d'énergie et d'exploitation d'humains possible
      - Le plus local possible
    - Minimum d'énergie pour la production
    - Penser la productivité au regard des externalités (coûts environnemental et humain ? en termes de performance, vitesse, etc.) Être capable de remettre en cause le paradigme productiviste à courte vue.
    - Récupération d'un maximum d'énergie
    - Sous produits : le moins possible, réutilisables, non polluants, non toxiques
    - Prendre en compte le vivant
      - Comprendre le vivant, le respecter, et s'en inspirer (essayer d'aller contre la nature est souvent contre productif) Est-ce que le dispositif permet de faire quelque chose qui se fait dans la nature ? Si oui, est-ce que le procédé dans la nature est plus efficace, moins toxique ? (efficace à grande échelle, pas juste au niveau de la productivité :

prendre en compte par exemple la production de déchet, considérer que c'est plus efficace s'il n'y a pas de production de déchet et donc ne nécessite pas de traitement des déchets après) Si c'est le cas, appliquer toute la grille sur le procédé 'naturel'.

- Prendre en compte la dimension imprévisible. S'assurer que ça ne produit pas d'autres événements ou produits etc. non indésirables.
- Limite impact sur les sols : éviter/limiter l'imperméabilisation des sols. Maintient la richesse des sols.
- Favorise la biodiversité.
- Dans sa distribution**
  - Minimise le transport
    - Chaîne de production de dimension réduite et proche du lieu de consommation
  - Utilise un transport avec une empreinte carbone minimale
  - Minimise le stockage
- Dans son utilisation**
  - Pas de rejet de polluants
  - Peu énergivore pour son fonctionnement
  - Utilisé seulement quand nécessaire
- Longue durée de vie**
  - Utilisé seulement quand nécessaire
  - Pas d'obsolescence programmée (technique/commerciale)
  - Durée de vie des matériaux adaptée à leur usage
  - Réparable : a des composantes détachables et ré-assemblables facilement (démontable et remontable)
- Appropriable dans une communauté = produisible et réparable par des personnes munies des outils et des savoir-faire nécessaires**
  - Réparable : a des composantes détachables et ré-assemblables facilement (démontable et remontable)
  - Compréhensible
    - Sobre = sans composants superflus, tous les composants sont nécessaires
    - Différents composants aisément repérables et identifiables
  - Libre, partage des savoir-faire (absence de brevet ou de monopole dans la production, de détention du savoir-faire par un corps de spécialistes)
    - Partage de ressources, entretien pas laissé opaque par le fabricant (tutos, notices etc.)

- Distribuer de manière à encapaciter les utilisateurs
- Matériaux/outils/pièces de rechange nécessaires à la réparation accessibles par la communauté
  - Périmètre de dépendances restreint tout au long de son cycle de vie. Dépend d'un système socio-technique local (et non d'un macro-système technique) (dans sa conception, production, utilisation et fin de vie)
    - Chaîne de production de dimension réduite et proche du lieu de consommation
    - Acteurs de cette chaîne en nombre restreint
    - Acteurs se situant à une échelle la plus locale possible, sans monopole
  - Pièces standardisées et modulaires
  - Pièces de rechange vendues séparément
- Est éthique
  - Fabriqué et conçu sans exploitation humaine
    - Bonnes conditions de travail tout au long de la chaîne de production (extraction des matières, fabrication, distribution, etc.)
    - Rétribution équitablement répartie en fonction de la contribution des différents acteurs
  - Fabriqué et conçu sans exploitation animale
  - Si sujet à la vente, vendu à juste prix (juste coût = plus-value finale sur la vente de l'objet raisonnable)
  - Pensé pour le bien-être des personnes qui l'utilisent (*user friendly*)

b) Configuration 2 : à partir du cycle de vie  
 FAST (configuration en format .svg disponible en pièce jointe) :



Liste :

- 1. Décider s'il a lieu d'exister : essentiel, nécessaire (assouvit un besoin)
  - Apporte quelque chose à la société. Répond à un "vrai" besoin
  - La prévention a été mise en place pour qu'on ait le moins besoin de ce dispositif (prévention)
  - A de la valeur ajoutée par rapport à l'existant
  - Dispositif adapté/dimensionné à l'usage (dans tout système, est ce que les infrastructures sont à la bonne échelle, pas forcément technologiquement sophistiquées)
- 2. Production : choix du dispositif et du procédé de production de ce dispositif
  - Choix des matières
    - De réemploi/recyclées
    - Minimiser la quantité et les types de matières nécessaires (intrants) (tout en gardant la fonctionnalité et durée de vie adaptée de l'objet)
      - Sobre = sans composants superflus, tous les composants sont nécessaires
    - Durée de vie des matériaux adaptée à leur usage
    - Non toxiques / non polluantes
    - Renouvelables et biosourcées
    - Disponibles et accessibles
      - Disponibles et accessibles, dont l'extraction/la production nécessite le moins d'énergie possible
      - Disponibles et accessibles, dont l'extraction/la production nécessite le moins d'exploitation d'humains possible
    - Le plus local possible
    - Matériaux/outils/pièces de rechange nécessaires à la réparation accessibles par la communauté
      - Périmètre de dépendances restreint tout au long de son cycle de vie. Dépend d'un système socio-technique local (et non d'un macro-système technique) (dans sa conception, production, utilisation et fin de vie)
        - Chaîne de production de dimension réduite et proche du lieu de consommation
        - Acteurs de cette chaîne en nombre restreint

- Acteurs se situant à une échelle la plus locale possible, sans monopole
  - Pièces standardisées et modulaires
  - Pièces de rechange vendues séparément
- Minimum d'énergie pour la production
- Récupération d'un maximum d'énergie
- Sous produits : le moins possible, réutilisables, non polluants, non toxiques
- Prendre en compte le vivant
  - Comprendre le vivant, le respecter, et s'en inspirer (essayer d'aller contre la nature est souvent contre productif) Est-ce que le dispositif permet de faire quelque chose qui se fait dans la nature ? Si oui, est-ce que le procédé dans la nature est plus efficace, moins toxique ? (efficace à grande échelle, pas juste au niveau de la productivité : prendre en compte par exemple la production de déchet, considérer que c'est plus efficace s'il n'y a pas de production de déchet et donc ne nécessite pas de traitement des déchets après) Si c'est le cas, appliquer toute la grille sur le procédé 'naturel'.
  - Prendre en compte la dimension imprévisible. S'assurer que ça ne produit pas d'autres choses non prévues.
- Limite impact sur les sols : éviter/limiter l'imperméabilisation des sols. Maintient la richesse des sols.
- Favorise la biodiversité.
- Production sans exploitation humaine
  - Bonnes conditions de travail tout au long de la chaîne de production
  - Rétribution équitablement répartie en fonction de la contribution des différents acteurs
- 3. Distribution**
  - Minimiser le transport
    - Chaîne de production de dimension réduite et proche du lieu de consommation
  - Utiliser un transport avec une empreinte carbone minimale
  - Minimiser le stockage
  - Distribution sans exploitation humaine
    - Bonnes conditions de travail tout au long de la chaîne de distribution
    - Rétribution équitablement répartie en fonction de la contribution des différents acteurs

- ❑ Si sujet à la vente, vendu à juste prix. (juste coût = plus-value finale sur la vente de l'objet raisonnable)
- ❑ Distribué de manière à encapaciter les gens
- ❑ 4. Utilisation
  - ❑ *User-friendly* (Penser au bien être des personnes qui l'utilisent. Normalement ce côté est bien travaillé, mais il y a encore des dérives.)
  - ❑ Pas de rejet de polluants
  - ❑ Peu énergivore pour son fonctionnement
  - ❑ Utilisé seulement quand nécessaire
  - ❑ Longue durée de vie
    - ❑ Utilisé seulement quand nécessaire
    - ❑ Pas d'obsolescence programmée (technique/commerciale)
    - ❑ Durée de vie des matériaux adaptée à leur usage
    - ❑ Réparable : A des composantes détachables et ré-assemblables facilement (démontable et remontable)
    - ❑ Réparable par des personnes munies des outils et des savoir-faire nécessaires
      - ❑ Réparable : a des composantes détachables et ré-assemblables facilement (démontable et remontable)
      - ❑ Compréhensible
        - ❑ Sobre = sans composants superflus, tous les composants sont nécessaires
        - ❑ Différents composants aisément repérables et identifiables
    - ❑ Libre, partage des savoir-faire (absence de brevet ou de monopole dans la production, de détention du savoir-faire par un corps de spécialistes)
      - ❑ Partage de ressources, entretien pas laissé opaque par le fabricant
      - ❑ Distribuer de manière à encapaciter les gens
- ❑ 5. Fin de vie
  - ❑ Non polluant
    - ❑ Traitable, de préférence *in situ*
    - ❑ Non toxique
  - ❑ Réutiliser l'ensemble des matières/produits. Idée de l'économie circulaire : il ne s'agit pas juste de minimiser les déchets produits, mais de voir comment les déchets sont des richesses dans certains cas. Options :

- Directement utilisées
- Compostable
- Recyclable, de préférence au même niveau de produit
- Valorisable
- Gestion de la fin de vie sans exploitation humaine
  - Bonnes conditions de travail
  - Rétribution équitablement répartie en fonction de la contribution des différents acteurs

### 3) La chaîne décisionnelle : questions pour les différents acteurs d'une démarche low-tech

Nous avons défini dans les parties précédentes des indicateurs low-tech. Cependant, même après un choix de valeurs et critères, l'application concrète de ces derniers peut s'avérer difficile à cause de la multiplicité des acteurs. Cette partie a pour objectif d'opérationnaliser une démarche de low-techisation ou conception low-tech en industrie en proposant des questions à se poser lors de la prise de décisions pour les différents acteurs de la chaîne décisionnelle. Les questions à se poser pour une démarche low-tech se retrouvent à tous les niveaux. En effet, pour avoir une approche systémique, il s'agit d'une nouvelle façon de commanditer, de produire et de consommer. Ainsi, il faut permettre à chacun des acteurs de la chaîne de décision de faire des choix low-tech. Voici donc les questions à se poser pour s'inspirer d'une démarche low-tech.

Remarque : les décisions à prendre ne sont pas forcément tranchées entre chaque groupe d'acteurs, comme ils sont en constante interaction. Ainsi, il est difficile de définir le périmètre de prise de décision par chacun. Cependant, nous avons ici considéré que :

- Les commanditaires définissent les grandes lignes et valeurs ;
- Les concepteurs réalisent le modèle du dispositif selon les demandes du commanditaire et font des décisions notamment sur la modularité recyclabilité du dispositif ;
- Les producteurs et distributeurs mettent en exécution le cahier des charges fait par les concepteurs mais avec une certaine marge de manoeuvre et jouent par exemple sur la vente des pièces séparées, la durée de disponibilité des pièces de rechange (avec des garanties) ;
- Les consommateurs ne jouent que sur l'utilisation du dispositif.

#### Groupe d'acteurs 1 : les commanditaires, la MOA

Un commanditaire low-tech se pose les questions suivantes :



- **Choix de l'existence du dispositif** : essentialité? Est-ce que le dispositif a lieu d'exister ? Répond-il à un besoin ? Qu'apporte-t-il à la société ?
- **Choix du système dans lequel s'inscrit le dispositif** : est-ce que, si applicable, la prévention a été mise en place avant de recourir à ce dispositif ? (ici, la prévention se réfère à une démarche permettant de prévenir l'apparition du besoin<sup>22</sup>).
- **Choix des priorités dans le modèle économique** : Quels sont les critères de productivité ? Est-ce que l'on souhaite prioriser la vitesse ou les coûts environnementaux ? Quel est le modèle économique choisi ?
- **Choix des valeurs à prendre en compte dans le choix des matériaux et composants** : Quels sont les critères de choix des matériaux et composants ?
- **Choix de la confidentialité** : Le dispositif est-il libre de droit ?

## Groupe d'acteurs 2 : les concepteurs, la MOE

Un concepteur low-tech se pose les questions suivantes :

- **Choix du dimensionnement et de la sophistication du dispositif** : Quels sont les besoins auxquels répond le dispositif, et ce dispositif est-il adapté à son usage ? C'est-à-dire, est-ce que le dimensionnement et le niveau de sophistication technologique sont adaptés à l'usage<sup>23</sup> ?
- **Choix des matières et composants** : Quelles sont les matières et composants choisis ? Remplissent-ils les critères suivants ?
  - De réemploi/recyclés
  - Minimisent la quantité et les types de matériaux nécessaires (tout en gardant la fonctionnalité et durée de vie adaptée de l'objet)
  - Sobres = sans composants superflus, tous les composants sont nécessaires
  - Durée de vie des matériaux adaptée à leur usage
  - Non toxiques / non polluantes
  - Renouvelables et biosourcés
  - Disponibles et accessibles
    - dont l'extraction/la production nécessite le moins d'énergie possible
    - dont l'extraction/la production nécessite le moins d'exploitation d'humains possible

---

<sup>22</sup> Par exemple, avant de produire un dispositif de traitement d'un déchet, suivre la chaîne jusqu'à la source produisant le déchet, mettre en place un système permettant de réduire cette production de déchets.

<sup>23</sup> Par exemple, pas besoin d'un ordinateur très puissant pour une utilisation purement bureautique.

- Les plus locaux possible<sup>24</sup>
- Matériaux/outils/pièces de rechange nécessaires à la réparation accessibles par la communauté
  - Périmètre de dépendances restreint tout au long de son cycle de vie. Dépend d'un système socio-technique local (et non d'un macro-système technique)
    - Chaîne de production de dimension réduite et proche du lieu de consommation
    - Acteurs de cette chaîne en nombre restreint
    - Acteurs se situant à une échelle la plus locale possible
  - Pièces standardisées et modulaires
  - Pièces de rechange vendues séparément
- **Choix du procédé de production :**
  - Le procédé de production est-il pensé pour minimiser l'énergie et les matières nécessaires à la production ?
  - Quels sont les sous-produits du procédé de production ? Sont-ils minimisés, réutilisables, non polluants, non toxiques ?
- **Prise en compte du vivant dans la conception :** Est-ce que le vivant est pris en compte dans la conception du dispositif ?
  - Comprendre le vivant, le respecter, et s'en inspirer (essayer d'aller contre la nature est souvent contre productif). Est-ce que le dispositif permet de faire quelque chose qui se fait dans la nature ? Si oui, est-ce que le procédé dans la nature est plus efficace<sup>25</sup>, moins toxique ? Si c'est le cas, appliquer toute la grille sur le procédé « naturel ».
  - Est-ce que la dimension imprévisible du vivant est prise en compte ?
- **Prise en compte des utilisateurs dans la conception :** Est-ce que le produit est pensé pour le bien être de l'ensemble de ses utilisateurs (*user-friendly*) ? L'usage que va en faire l'utilisateur (usage réel) est-il le même que celui pour lequel l'objet est prévu (usage prescrit) ?
- **Prise en compte de l'environnement lors du fonctionnement du dispositif :**
  - Est-ce que le dispositif rejette des polluants ?
  - Est-ce que le dispositif est énergivore dans son fonctionnement ?

---

<sup>24</sup> « Le plus local possible » permet de ne pas utiliser une échelle fixe qui serait forcément locale. La localité dépend du dispositif socio-technique en question. Par exemple, la nourriture locale est à l'échelle de la ville ou du pays, alors que l'échelle d'un ordinateur est beaucoup plus grande car il est plus difficile de se procurer toutes les matières nécessaires à la fabrication d'un ordinateur en France.

<sup>25</sup> Efficace à grande échelle, et non pas juste au niveau de la productivité : prendre en compte par exemple la production de déchets, considérer que c'est plus efficace s'il n'y a pas de production de déchets et donc ne nécessite pas de traitement des déchets après.

- **Durée de vie du dispositif et réparabilité :**
  - Est-ce que le dispositif a une obsolescence programmée ? (que ce soit une obsolescence technique ou commerciale)
  - La durée de vie des matériaux est-elle adaptée à leur usage ?
  - Le dispositif est-il réparable techniquement ? A-t-il des composants détachables et ré-assemblables facilement ? (démontable et remontable)
  - Le dispositif est-il réparable par des personnes munies des outils et des savoir-faire nécessaires ?
    - Est-il compréhensible ?
      - Est-il sobre ? (sans composants superflus, tous les composants sont nécessaires)
      - Les différents composants sont-ils aisément repérables et identifiables ?
    - Il y a-t-il un partage des savoir-faire ? (absence de brevet ou de monopole dans la production, de détention du savoir-faire par un corps de spécialistes)
      - Est-il libre ? Il y a-t-il un partage de ressources, un entretien qui n'est pas laissé opaque par le fabricant ?
      - Le dispositif est-il distribué de manière à encapaciter les gens ?
- **Prise en compte de la fin de vie du dispositif :**
  - Le dispositif est-il non polluant en fin de vie ?
    - Traitable, de préférence *in situ*
    - Non toxique
  - Est-il possible de réutiliser l'ensemble des matières et composants du dispositif ? (ou des produits dans le cas d'un procédé) Idée de l'économie circulaire : il ne s'agit pas juste de minimiser les déchets produits, mais de voir comment les déchets sont des richesses dans certains cas. Options :
    - Directement utilisées (inclut remanufacturing) ;
    - Compostable ;
    - Recyclable, de préférence au même niveau de produit<sup>26</sup> ;
    - Valorisable

### **Groupe d'acteurs 3 : les personnes qui produisent le bien ou service**

Un producteur low-tech se pose les questions suivantes :

- **Gestion de la production sans exploitation humaine :**

---

<sup>26</sup> Pouvoir recycler un matériau pour fabriquer des objets dans la même classe de produits et non une classe inférieure.

- Il y a-t-il de bonnes conditions de travail tout au long de la chaîne de production ?
- Il y a-t-il une rétribution équitablement répartie en fonction de la contribution des différents acteurs ?
- **Choix du procédé de distribution :**
  - Le transport est-il minimisé ?
    - La chaîne de production est-elle de dimension réduite et proche du lieu de consommation ?
  - Si besoin de transport, le moyen de transport a-t-il une empreinte carbone minimale ?
  - Le stockage est-il minimisé<sup>27</sup> ?
  - La distribution se fait-elle sans exploitation humaine ?
    - Les conditions de travail sont-elles acceptables tout au long de la chaîne de distribution ?
    - La rétribution est-elle équitablement répartie en fonction de la contribution des différents acteurs de la chaîne de distribution ?
  - Si sujet à la vente, le dispositif est-il vendu à juste prix ? (juste coût = plus-value finale sur la vente de l'objet raisonnable)
  - Le dispositif est-il distribué de manière à encapaciter les gens ?
- **Durée de vie du dispositif et réparabilité :**
  - Les composantes sont-elles vendues séparément et à juste coût ?
  - Quelle est la durée de disponibilité des composantes de rechange ? (garanties)
  - Quel est le service de réparation proposé ? (notamment garanties)
- **Gestion de la fin de vie sans exploitation humaine :**
  - La gestion de la fin de vie se fait-elle sans exploitation humaine ?
    - Les conditions de travail sont-elles acceptables tout au long de la chaîne de gestion de la fin de vie ? Entre autres, les humains sont-ils protégés lors du traitement de matériaux nocifs pour la santé ?
    - La rétribution est-elle équitablement répartie en fonction de la contribution des différents acteurs de la chaîne de gestion de la fin de vie ?

## Groupe d'acteurs 4 : les consommateurs, usagers

Un consommateur low-tech se pose les questions suivantes :

- **Essentialité :** Est-ce que j'ai besoin de ce dispositif ? Si oui, est-ce que le modèle choisi est adapté à mon besoin<sup>28</sup> ?

---

<sup>27</sup> Le minimiser pour éviter le coût environnemental d'entretien d'un entrepôt, stockage à froid etc.

<sup>28</sup> Par exemple, si je n'ai besoin que de fonctions de bureautique, je n'ai pas besoin du modèle d'ordinateur le plus puissant.

- **Utilisation** : Est-ce que pour l'usage que j'en ai, j'ai besoin de posséder le dispositif<sup>29</sup> ? Est-ce que lorsque je le possède, j'ai besoin de l'utiliser tout le temps<sup>30</sup> ?
- **Réparation** : Est-ce que j'ai les compétences et outils pour réparer cet appareil ? Est-ce que j'en suis capable ? Sinon, est-ce qu'il y a près de chez moi une communauté qui peut me le réparer à un prix normal ?
- **Contribution** : Est-ce que je contribue à la communauté utilisant le dispositif ?

---

<sup>29</sup> Par exemple, dans la majorité des cas, une perceuse n'est utilisée que quelques fois pendant l'année. Est-il possible de mettre en place un système d'outils partagés, ou de faciliter le prêt et l'emprunt de tels outils à la place de les posséder ?

<sup>30</sup> Par exemple, dans les pays à hiver froid, il est plus facile de se passer d'un frigo conventionnel et de mettre en place un frigo low-tech dans son jardin par exemple.

# Évaluation des solutions

Après avoir mis en place les différents critères low-tech pour les solutions techniques recherchées, il est nécessaire de faire un état de l'art de l'existant, c'est-à-dire un benchmark. Une fois les solutions existantes identifiées, il est intéressant de les mettre au sein d'un tableau récapitulatif, permettant d'identifier leurs points forts et leurs points faibles en fonction de l'objectif final. Les six premières lignes de ce tableau se remplissent en premier. Pour la suite, ce tableau doit dialoguer avec l'outil critères low-tech qui permet de répondre aux différents critères du benchmark.

Le tableau suivant distingue quatre types de solutions existantes :

- Solutions high-tech courantes ou solutions actuelles au sein de l'entreprise ;
- Solutions high-tech correspondant au mieux aux besoins analysés ;
- Solutions low-tech existantes ;
- Solutions low-tech comme (re)conception.

	Solutions HT courantes ou solutions actuelles dans l'entreprise	Solutions HT répondant le mieux aux besoins	Solutions LT existantes	Solutions LT comme conception
Nom du dispositif				
Fonction principale				
Fonction(s) secondaire(s)				
Type de besoin (type d'utilisation, échelle de production pour un besoin utilisateur)				
Coût à l'achat				
Type de matériaux				
Coût environnemental à la Production (bilan, carbone, évaluation environnementale des impacts)				
Coût environnemental à				

<b>l'utilisation (bilan carbone)</b>				
Sécurité et confort d'utilisation, contraintes				
Réparabilité et appropriation par l'utilisateur				
Coût engendré par le passage à la commercialisation d'une sol low-tech remplaçant un produit déjà existant dans l'entreprise				
<b>Changement dans la stratégie de production</b>				
<b>Suivi post production (oui/non)</b>				

Remarques :

La question du coût environnemental est une question à laquelle aucune réponse satisfaisante n'existe aujourd'hui. Actuellement, la majorité des entreprises calculent leur coût en fonction du bilan carbone sans prendre en compte l'ensemble des questions complexes liées à l'impact environnemental. L'utilisation minimale d'énergie est généralement privilégiée par les entreprises qui cherchent à avoir le moins de coûts possible, autrement dit, moins d'énergie signifie souvent moins de coûts. Cependant, elles ne s'efforcent que rarement à comparer réellement les impacts, qui peuvent s'étendre plus largement à la destruction des écosystèmes aux alentours des infrastructures de l'entreprise (extraction, production, distribution, etc.), à la quantité de ressources extraites, aux dégâts causés par la fin de vie des dispositifs (champ de déchets électroniques au Nigeria, etc.)

Les coûts environnementaux sont difficiles à évaluer puisqu'ils doivent prendre en compte un grand nombre de données, difficiles à obtenir et dont les résultats ne sont pas toujours fiables — parfois une incertitude proche de 100 %. Il convient d'ailleurs de préciser que l'évaluation de l'empreinte environnementale d'un dispositif ou d'une entreprise constitue un débat virulent à part entière que connaît la société — particulièrement la communauté scientifique — à l'heure actuelle. Il faudrait donc si possible, consacrer une grande partie de l'analyse du benchmark à l'analyse des

coûts environnementaux, sachant que ces coûts ne seront qu'à valeur indicative. Actuellement l'analyse du cycle de vie et des coûts environnementaux fait l'objet de recherche, il est donc nécessaire de se renseigner sur les différentes manières de faire de son ère pour procéder à ce type de recherche.

« *L'Analyse de cycle de vie (ACV), méthode de référence, régie par les normes ISO 14 040 et 14 044 (ISO 14040 2006 ; ISO 14044 2006), permet de dresser un bilan environnemental aussi exhaustif que possible, par l'identification et la quantification des intrants et extrants impliqués. Les limites de réalisation d'une ACV résident dans la collecte d'une grande quantité de données. L'impact des centres de données numériques, par exemple, est encore difficile à évaluer en raison de l'opacité du milieu (Diguët et Lopez (dir.) 2019 ; Carnino et Marquet 2018)<sup>31</sup>.* »

Une analyse a été réalisée permettant de calculer les coûts environnementaux dans le cadre de réunions en présentiel ou en distanciel. Cette analyse permet de montrer à quel point il est compliqué d'évaluer l'ensemble des éléments impactants l'environnement mais tente tout de même d'en donner quelques clefs. A partir de cette étude, les sites suivants devraient permettre d'aider à l'évaluation des coûts, cette liste est bien évidemment non exhaustive puisque de nombreuses questions demandant un certain nombre d'informations sont à prévoir afin de déterminer au mieux l'impact environnemental d'un objet ou processus technique.

- **EcoInvent** qui est une base de données transparentes sur les cycles de vie d'un certains nombre d'objets techniques
- **ISO 14040** (juil. 2006). Environmental management — Life cycle assessment — Principles and framework. Standard. Genève, ch : International Organization for Standardization.
- **ISO 14044** (juil. 2006). Environmental management — Life cycle assessment — Requirements and guidelines. Standard. Genève : International Organization for Standardization.
- Le site **IEA** qui possèdent de nombreuses informations et données sur les différentes énergies : <https://www.iea.org/reports/tracking-buildings>
- Enfin, pour qui cherche au sein des **notices et guides d'utilisation**, certaines informations précieuses pour évaluer l'impact peuvent y être précisées.

Précisions :

En outre, pour une évaluation des solutions proposées la plus exhaustive possible, il est nécessaire de s'intéresser au fonctionnement de la chaîne de production et à ses implications :

---

<sup>31</sup> LE GAUCHE Valentin, BERANGER Aurélien, BRIZARD Clément, BAOUCH Yacine, *Proposition d'une méthode d'évaluation environnementale multicritère des réunions en présentiel et en visio-conférence*, UTC, novembre 2020.



conséquences sociales, environnementales, services associés, etc. Votre choix doit être guidé par les valeurs et critères low-tech sélectionnés, mais également par les ressources dont vous disposez et les besoins industriels des différentes solutions.

Si on désire se fournir auprès d'une entreprise tierce que ce soit en matière première ou objet fini, il est nécessaire de se renseigner en profondeur auprès de l'entreprise pour avoir une connaissance précise de ses processus de production afin de garantir le caractère low-tech du produit. Si l'entreprise s'y refuse, il serait préférable d'abandonner cette solution (ou seulement le prestataire s'il existe d'autres concurrents sur le marché), car elle s'oppose directement au critère de transparence de la low-tech.

Après l'évaluation des solutions, il est probable qu'une solution se distingue des autres en respectant davantage les critères de la low-tech. Toutefois, la solution est à replacer dans un contexte industriel. Vous êtes potentiellement déjà en possession de moyens de production industrielle. Il convient donc de s'interroger sur la pertinence des différentes solutions par rapport à vos ressources. En effet, l'effet parc décrit d'ailleurs ce phénomène : il paraît évident que l'intérêt d'un objet remplissant tous les critères low-tech mais nécessitant des moyens de production jamais utilisés auparavant, très technicisés, etc. serait discutable.

Ainsi vos ressources peuvent et doivent vous amener à relativiser les résultats de l'évaluation des solutions. Vous pourriez donc favoriser une solution qui semblerait moins low-tech qu'une autre à son niveau d'objet, mais dont la mise en œuvre (par les besoins industriels nécessaires) serait plus respectueuse des critères low-tech. Cette solution se trouve donc plus pertinente.

Par exemple, admettons que votre bon sens et votre désir d'un objet le plus low-tech possible vous poussent vers la solution « parfaite ». Une étude d'opportunité et de faisabilité économique pourrait vous indiquer que cette solution n'est pas viable économiquement car elle nécessiterait un investissement trop conséquent pour son instauration.

Il convient toutefois de concevoir cette étude d'opportunité avec la démarche low-tech et ses critères. Le véritable sens d'une étude d'opportunité incluant une dimension low-tech serait de permettre de reconnaître la solution remplissant les critères que vous souhaitez garantir, tout en assurant la viabilité économique du projet. Ainsi c'est toute la stratégie industrielle de l'entreprise qui évolue pour s'inscrire dans une dynamique low-tech globale, réfléchie et pertinente.

Ainsi, à partir du tableau d'évaluation des solutions et en adoptant une vision globale quant à vos attentes, vos moyens, aux implications de chaque solution, il nous semble que vous êtes en mesure de faire le choix d'une solution qui sera la plus pertinente possible.

# Anticiper l'exécution du projet

## 1) Élaboration du cahier des charges de l'objet low-tech

En s'appuyant sur les étapes précédentes, la réflexion sur la dimension low-tech pour un projet dans le cadre d'une démarche de conception ou de reconception implique l'élaboration d'un cahier des charges exhaustif pour prendre l'objet non seulement dans sa dimension de produit (à travers **tout son cycle de vie**), mais également les services associés, ainsi que la chaîne de production. Cinq cas sont donc possibles :

- **Choix d'une solution high-tech.** Le produit est déjà existant, il est donc surtout nécessaire de s'intéresser au travail sur les services entourant le fonctionnement du produit (SAV, maintenance, création de collectif s'appropriant la high-tech).
- **Choix d'une solution low-tech et projet d'installation.** Le produit est déjà existant, il est donc surtout nécessaire de s'intéresser au travail sur les services entourant le fonctionnement du produit (SAV, maintenance, création de collectif s'appropriant la high-tech).
- **Choix d'adaptation d'une solution low-tech demandant adaptation, fabrication, etc.** Le produit est déjà existant, en revanche en raison de l'adaptation du produit il faut repenser son CDC et les services associés, car il faudra peut-être répondre à des usages non-anticipés par l'entreprise.
- **Choix d'une conception d'une nouvelle solution low-tech :** conception, fabrication, etc. Élaboration d'un CDC global prenant en compte le produit et les services associés.
- **Choix hybride low-tech avec certains éléments high-tech.** Conception, assemblage, etc. Élaboration d'un CDC prenant en compte le nouveau produit et les services.

On pourrait penser que le choix d'une solution high-tech ou low-tech existante exclurait toute réflexion au sujet du produit ou de ses services associés, mais notre démarche s'inscrit dans la volonté de « faire le plus low-tech possible » selon les critères évoqués précédemment. On ne se satisfait donc jamais d'une solution purement high-tech ou low-tech à laquelle certains aspects manquent dans son élaboration. Cette exhaustivité dans la réflexion autour du produit permet une conception « *design to low-tech* » efficace.

On peut se référer au tableau de recommandations ci-dessous pour un CDC exhaustif, qui permet de voir sur quels aspects de l'élaboration du cahier des charges se focaliser selon la solution adoptée.

## 2) Évolution de la chaîne de production

Pour obtenir un produit respectueux des critères low-tech, le développement du produit en lui-même et des services l'entourant sont primordiaux. Toutefois, la démarche low-tech ne doit pas se limiter aux seuls produits concernant les utilisateurs. Il faut prendre en compte tous les individus impliqués dans le développement du produit, c'est-à-dire des individus travaillant dans des mines et fournissant les matières premières, aux ouvriers de l'usine d'assemblage, en passant par les ingénieurs. C'est tout le fonctionnement de la structure industrielle qui doit être remis en question et transformé pour se rapprocher de cet idéal low-tech.

Quels sont donc les leviers d'actions lorsqu'on remet en cause le fonctionnement de la structure industrielle ?

De nombreuses pistes sont disponibles pour répondre à cette problématique, il est donc assez difficile d'être exhaustif, mais voici quelques exemples :

- Le **respect de l'environnement** : garantir la durabilité des machines, et l'utilisation de solutions les plus économes possible en énergie, encourager des modes de déplacements écologiques chez les employés (vélos, transports en commun, etc.), se fournir en matières premières le plus localement possible, s'assurer que les usines et sous-traitants font le nécessaire pour se conformer aux normes environnementales choisies par l'entreprise ou le gouvernement, etc.

- La **durabilité sociale** : transformer la philosophie de l'entreprise et sa raison sociale pour se conformer aux principes low-tech (l'objectif ne devrait pas être la recherche du profit, mais comment accompagner la société dans laquelle nous vivons vers un avenir plus durable). Agir sur la transparence de l'entreprise (garantir de bonnes conditions de travail pour les travailleurs qu'ils soient directement employés par l'entreprise ou par ses sous-traitants). Entretenir un lien avec la communauté de consommateurs utilisant les produits proposés etc.

Si l'on convoite « l'idéal » low-tech, il faudrait se ramener au FAST des critères low-tech et s'assurer que chaque produit, machine, processus, décision, bâtiment, etc. respecte les critères cités.

## 3) Création de collectifs

Le soutien de la création de collectif est l'un des éléments les plus importants lorsque la démarche low-tech est évoquée. Il se lie à l'idée d'encapacitation de la population. Cette idée de « faire ensemble » encourage l'appropriation de la technique et des produits par les consommateurs.

D'une part, les utilisateurs sont responsabilisés par rapport à leurs objets, un lien se tisse entre l'utilisateur et l'objet. En passant du temps à le réparer, à l'améliorer, le produit n'est plus simplement un objet acheté tout fait, mais il se transforme au gré des envies de l'utilisateur et l'objet de l'entreprise devient son objet. L'utilisateur est plus enclin à conserver longtemps un objet avec lequel s'est nouée une vraie relation d'appartenance.

D'autre part, en plus de ce rapport utilisateur-objet, la relation utilisateur-communauté occupe également une place importante dans l'intérêt de ces collectifs. L'utilisateur dans son désir d'appartenance à une communauté est encouragé à partager et contribuer au sein de celle-ci. En effet, cette dernière s'engage pour une cause à laquelle l'utilisateur s'identifie. Par exemple, dans notre cas, une raison profonde qui pourrait être commune à de nombreux collectifs est la volonté de faire son possible pour endiguer la crise environnementale qui s'annonce. Comment ? En s'inscrivant dans la démarche low-tech. Ainsi les utilisateurs s'identifient les uns aux autres à travers ce combat et les moyens de le mener, ils sont donc encouragés à poursuivre cette démarche en s'intéressant à d'autres objets low-tech et en aidant les autres utilisateurs. On active ainsi un cercle vertueux à l'intérieur de la communauté qui se diffuse vers l'extérieur en ralliant des utilisateurs isolés à son fonctionnement. Par ailleurs, on remarque que ces mécanismes d'appropriation de l'objet technique sont encouragés par la création de communautés d'utilisateurs, où des échanges et conseils sont diffusés au reste de la communauté concernant différents types d'usage, problématiques, etc. que d'autres membres de la communauté peuvent reproduire. Ainsi on peut noter une transduction entre la relation objet-utilisateur et la relation communauté-utilisateur.

#### **4) Service associé : l'exemple de Aezeo**

Cette partie a été rédigée avec comme source un document écrit par le Low-Tech Lab, non publié à l'heure actuelle.

Aezeo, entreprise bretonne, est un exemple de démarche low-tech complète. En effet, il s'agit à la fois d'un développeur et fabricant de dispositifs low-tech, mais aussi d'un centre de formation des particuliers, professionnels et collectivités, constituant un modèle de diffusion cohérent.

Aezeo veut répondre au besoin en chaleur de l'habitat avec une solution permettant d'être autonome en chaleur et en électricité. Pour cela, elle a développé des panneaux solaires thermiques et des poêles bouilleurs low-tech, pensés pour être facilement appropriables par celles et ceux qui souhaitent se former.

Toute la chaîne de conception jusqu'aux considérations législatives est pensée dans une optique de sobriété et plus largement de low-tech. Cependant, nous allons ici nous pencher sur leur modèle de diffusion.

Azeo propose des formations à destination des particuliers et des collectivités voulant monter en compétence afin de devenir autonome énergétiquement. Elles se font notamment sous forme de chantiers participatifs, avec la pratique comme mode d'apprentissage privilégié. Ces formations sont rendues les plus accessibles possible.

Il existe trois types principaux de formations :

- Les formations techniques et théoriques
- Les formations à l'auto-construction et l'installation
- Les formations d'installation directement sur le terrain

Les usagers peuvent choisir leur niveau d'accompagnement, et peuvent notamment choisir d'opter pour des équipements finis ou faire appel à une prestation d'installation en proposant leur propre chantier comme terrain de formation pour des stagiaires.

En plus de ces formations, Azeo propose des formations plus approfondies à destination de professionnels. Elles se font au cas par cas, et peuvent permettre par exemple de devenir fabricant, installateur, et formateur. Les formés peuvent alors monter leur propre activité de formation Azeo en tant que prestataire, filiale ou franchise, et sont libres de proposer des formations en dehors du siège d'Azeo, ce qui représente un vecteur de dissémination majeur.

## Partie 3 : Conception, fabrication, adaptation, installation

## Partie 4 : Mise en oeuvre, utilisation et maintenance

## Le suivi utilisateur

Comme nous l'avons vu précédemment, dans une démarche low-tech et donc une démarche systémique, il est important de prendre en compte la mise en œuvre du dispositif créé, incluant sa vente, son installation, son utilisation et sa maintenance. Les services associés au dispositif créé ont déjà été évoqués dans la partie *Anticiper l'exécution du projet* de la partie 2. Il est donc important de créer de la valeur autour du rapport à l'utilisateur, et de produire un réel accompagnement de celui-ci dans l'utilisation du dispositif. Au-delà d'un simple service de maintenance ou de réparation, la structure qui élabore le produit et qui le rend disponible pour la population doit lui permettre de se l'approprier réellement. Aujourd'hui, les services associés aux produits de l'entreprise se résument dans la majorité des cas à ce que l'on nomme *le service après-vente*. Or, cette pratique génère le plus souvent la situation suivante : l'utilisateur achète son produit (en y étant souvent fortement incité, quel que soit son besoin) et ne reprendra contact avec l'entreprise qu'au moment où il aura un véritable dysfonctionnement sur son dispositif. Dans le pire des cas, suite à un dysfonctionnement, l'utilisateur ne recontacte tout simplement pas l'entreprise pour la réparation et jette le produit. Cette situation n'est pas du tout en accord avec l'*encapacitation* de l'utilisateur, propre aux valeurs low-tech. Ici, il ne s'agit pas seulement de traiter un dysfonctionnement ; l'entreprise doit idéalement intervenir dès la mise en place et aller aux devants des potentiels problèmes, à l'utilisation et à la réparation, que pourraient rencontrer les utilisateurs.

Ainsi, l'accompagnement de l'utilisateur inclut notamment (liste non-exhaustive) :

- La réalisation d'une aide à la décision pour l'utilisateur, au moment de la vente du produit ;
- La réalisation d'un guide d'utilisation et d'entretien du produit, incluant les pratiques à bannir, à éviter, à privilégier, les explications sur le fonctionnement du dispositif et sur les étapes de son utilisation et de son entretien ;
- La réalisation d'une charte d'utilisation à signer par les utilisateurs s'engageant à respecter les règles d'utilisation du dispositif (s'adressant davantage aux dispositifs impliquant une utilisation collective) ;
- L'élaboration de formations à l'utilisation stricte du dispositif, mais également autour de l'utilisation du dispositif (pratiques périphériques) (voir exemple plus bas) ;
- La mise en place d'une *communauté low-tech*, c'est-à-dire d'une communauté d'utilisateurs pouvant échanger entre eux et avec l'entreprise autour de l'utilisation, l'entretien, la maintenance et la réparation du dispositif ;
- Et plus spécifiquement, la prise de retours des utilisateurs par l'entreprise sur le fonctionnement du dispositif, voire même sur les services associés, afin que l'entreprise puisse améliorer ses prestations ;



- La proposition d'un service de maintenance et de réparation en cas de dysfonctionnement ;
- Et la prise en charge de la fin de vie du dispositif quand nécessaire.

L'élaboration de ces services associés doit se faire, bien sûr, en collaboration avec les utilisateurs ou les futurs utilisateurs - tout particulièrement en ce qui concerne la mise en place de la *communauté low-tech*.

Pour rendre les propositions ci-dessus plus concrètes, nous proposons un exemple de dispositif low-tech ayant nécessité un accompagnement des habitants. Ces habitants, qui sont d'ailleurs désignés comme des « habitants-coopérateurs »<sup>32</sup>, logent dans un immeuble de six étages dans le quartier des Charmilles à Genève, et ont décidé d'adopter un système de valorisation des eaux usées (WC, douches, évier, etc). Le système d'épuration est composé de filtres végétaux et minéraux (plantes, tamis, paille, roche, ...) et de filtres végétaux avec lombrics. Les déchets ainsi valorisés sont ensuite destinés à constituer un compost pour le verger et de l'eau servant à différentes tâches comme l'arrosage du potager, de la toiture végétalisée et des aménagements extérieurs. Outre ces caractéristiques très novatrices en terme de traitement des eaux usées, le dispositif se démarque également par la logistique qui s'est mise en place : les habitants sont rendus responsables non seulement par une utilisation précautionneuse de leurs WC, douches, évier, mais également parce qu'ils entretiennent eux-mêmes le dispositif. Un guide leur est donc fourni, précisant toutes les modalités d'utilisation et d'entretien et le fonctionnement sommaire du dispositif<sup>33</sup>. Les règles d'utilisation impliquent donc des pratiques strictes (par exemple, ne pas utiliser d'eau de javel) mais également des pratiques environnantes ou secondaires (par exemple, adopter des recettes de produits ménagers plus naturels). Le guide d'entretien pour les habitants de l'immeuble Soubeyran 7 propose ainsi des recettes de lessive ou de liquide vaisselle plus écologiques, qui soient digérables par les lombrics. Au-delà de la simple formation et l'accompagnement à l'utilisation et l'entretien du dispositif, on pourrait par exemple imaginer des formations et un suivi des habitants autour de ces produits ménagers plus responsables<sup>34</sup>. Nous n'avons cependant pas connaissance d'une *communauté* partageant des retours d'expérience autour de l'utilisation de ces stations d'épuration alternatives, ce type de dispositif étant assez rare.

---

<sup>32</sup> Fuchs *et al.*, « De la paille et des lombrics pour épurer l'eau : un projet coopératif et écologique unique en son genre », *La Pensée écologique*, Vol. 5, N°1, 2020.

<sup>33</sup> Le guide complet est accessible à l'adresse suivante :

<sup>34</sup> Nous n'avons pas d'informations exactes quant aux formations qui ont été proposées par l'entreprise, mais il est certain que les habitants ont été formés et suivis dans l'utilisation et l'entretien du dispositif.

Il est important de comprendre que l'entreprise reste cruciale dans une opération comme celle-ci. Accompagner l'utilisateur et accompagner sa décision, l'utilisation, l'entretien et la maintenance de son dispositif ne revient pas à renoncer à toute forme de maîtrise de la part de l'entreprise. Cela ne signifie pas abandonner la valeur ajoutée par l'entreprise, car celle-ci conserve son expertise, elle est et reste la conceptrice, l'experte et la référence vers laquelle se tourner. En l'occurrence, l'entreprise installe le dispositif qu'elle a conçu et peut intervenir dans le cas d'un dysfonctionnement important. Au contraire, l'accompagnement de l'utilisateur et son encapacitation modérée constitue aujourd'hui une vraie valeur ajoutée à laquelle il convient d'accorder beaucoup de soin et d'attention, en particulier dans la démarche low-tech qui est la vôtre.

## Bibliographie, sources et annexes

# Bibliographie

ATELIER DE RÉPARATION CITOYEN, (S)lowtech déprogrammer l'obsolescence, Media Graphic, Mars 2019.

BIHOUIX Philippe, L'Âge des Low-Tech, Paris : Le Seuil, 2014.

FUCHS *et al.*, « De la paille et des lombrics pour épurer l'eau : un projet coopératif et écologique unique en son genre », *La Pensée écologique*, Vol. 5, N°1, 2020.

Guide d'utilisation du système d'épuration du Soubeyran 7 à Genève : [https://atba.ch/wp-content/uploads/2018/12/Plaquette\\_Gestion\\_des\\_eaux\\_04\\_10\\_17.pdf](https://atba.ch/wp-content/uploads/2018/12/Plaquette_Gestion_des_eaux_04_10_17.pdf)

HARTMUT Rosa, *Accélération. Une critique sociale du temps*, Paris : La Découverte, 2010.

ILLICH Ivan, *La convivialité*, Paris : Points, 2014.

LE GAUCHE Valentin, BERANGER Aurélien, BRIZARD Clément, BAOUCH Yacine, *Proposition d'une méthode d'évaluation environnementale multicritère des réunions en présentiel et en visio-conférence*, UTC, novembre 2020.

SALZMANN Nicolas, *Méthodologie et analyse de la valeur*, Polycopié de D105, 2019.

*L'avenir sera low-tech*, Socialter, Hors-série n°6, mai-juin 2019.

Sites internet :

ROUSSILHE Gauthier, *Une erreur de tech*, Technique Low-tech, Mars 2020.

<https://www.gauthierroussilhe.com/fr/posts/une-erreur-de-tech>, consulté en octobre 2020.

Wikipédia, *Nitroglycérine*, consulté le 15 décembre 2020.

Rotordb.org, "Rotor and reuse" (<http://rotordb.org/en/stories/rotor-and-reuse>), consulté le 2 décembre 2020.

Le Low-Tech Lab, <https://lowtechlab.org/fr/>, consulté entre septembre et décembre 2020.

Forum Université Grenoble Alpes pour la création du module low-tech : <https://forum-lowtre-ecosesa.univ-grenoble-alpes.fr/>, consulté en octobre 2020.