

ÉTAT DES LIEUX ET PERSPECTIVES DES LOW- TECH

ANALYSE DU SECTEUR DE L'AGRICULTURE

SYNTHÈSE

L'agriculture est un enjeu de taille pour les low-tech : elle représente à la fois un secteur stratégique pour favoriser la résilience et l'autonomie chères aux low-tech et un secteur de déploiement potentiel. De plus, de nombreuses techniques développées en agriculture, comme la permaculture, peuvent être dites « low-tech », mais ne sont pas historiquement rattachées au mouvement.

- **Enjeux des low-tech**

Selon l'inventaire national d'émission, le secteur de l'agriculture représente près de **19 % des émissions de GES de la France** (Citepa, 2020). Contrairement aux autres secteurs, ces émissions sont souvent liées à des sources biologiques telles que la digestion des ruminants ou le stockage des effluents. Elles proviennent aussi de l'utilisation d'engrais azotés. L'agriculture peut de plus avoir des impacts sur la **biodiversité** ou encore la **pollution de l'air et de l'eau**. Pour autant, ce secteur présente un **potentiel de stockage du carbone et de maintien de la biodiversité** important.

L'agriculture est également un secteur avec un fort enjeu **local**. En effet, les ressources nécessaires à la production agricole sont présentes partout dans le monde - ce qui n'est pas le cas d'autres secteurs, comme le numérique, dont les ressources nécessaires à la fabrication des terminaux (métaux) sont concentrées dans certaines zones.

Enfin, les démarches low-tech liées à l'agriculture accordent une place importante **au niveau de vie des agriculteurs**, en essayant de proposer des solutions permettant d'augmenter leurs revenus ou de baisser leurs charges.

- **Freins à la mise en œuvre et facteurs de succès**

Au-delà de son impact environnemental, le domaine de l'agriculture est intimement lié à la **capacité de nourrir la population**. La mécanisation de l'agriculture, malgré les **conséquences environnementales considérables**, a permis de nourrir une **population croissante** pour des **coûts décroissants**. Les low-tech offrent des solutions pour produire de manière plus respectueuse de l'environnement, mais **rien ne garantit qu'elles permettront de conserver les prix actuels de l'alimentation**. Reposant fréquemment sur plus de travail humain, les low-tech pourraient faire augmenter le prix des denrées alimentaires.

Si l'alimentation est une thématique essentielle, l'agriculture est également sujette à des enjeux de production de textile, de bois, d'énergie... sans oublier **l'élevage** qui entraîne des conséquences environnementales de taille. Tous ces domaines ou applications, encore peu investis par les low-tech, nécessiteront des réponses précises et adaptées.

De plus, les **difficultés financières des agriculteurs**, en particulier leur endettement, limitent leurs capacités d'investissement. Si les low-tech pourraient leur permettre de faire des économies, leur déploiement exige de revoir une grande partie du processus de production. Par exemple, le schéma économique de certains

Thématique 1 : Favoriser l'autoproduction agricole

Sans prétendre parvenir à une autosuffisance, avoir une part importante d'autoproduction serait la forme de production agricole la plus low-tech. En effet, cela nécessiterait moins d'infrastructure, de stockage ou encore de transport. Par ailleurs, cela permettrait une meilleure appropriation des techniques par les individus.

▪ Techniques et acteurs emblématiques

L'alimentation est particulièrement adaptée à une autoproduction à l'échelle **individuelle ou communautaire**. En effet, historiquement, les **potagers** – notamment les potagers ouvriers – ont permis d'assurer une part conséquente de la production alimentaire. Il n'y a pas de chiffres officiels concernant le nombre de potagers ou leur production aujourd'hui, mais une étude portant sur les villes de Rennes, Caen et Alençon estime que les potagers cultivés existants dans les jardins privés des maisons permettent déjà de produire entre 5 et 25 % des légumes consommés par l'ensemble des populations de ces villes (Marie, 2017).

Si le potager n'est pas une technique propre aux low-tech, ces dernières apportent une réflexion sur la manière d'autoproduire dans des zones urbaines, en optimisant l'espace, la terre et l'eau. Des techniques de production hors-sol, telle que **l'hydroponie, l'aéroponie, l'aquaponie**, permettent de produire sur des espaces restreints, comme les toits. Le **Lab CECSY** mène à ce sujet une étude sur les leviers de massification des potagers verticaux en Île-de-France. **La production de champignons** en sous-sol, et souvent à partir de marc de café ou d'autres coproduits, permet quant à elle de limiter la production de biodéchets.

Au-delà du débouché alimentaire, l'autoproduction agricole peut également s'appliquer à d'autres filières (textile, énergie, habitat...) à plus grande échelle (**nationale ou territoire**). Elle est alors fortement dépendante des ressources disponibles dans l'écosystème **local** environnant.

• Enjeux associés et effets attendus

L'autoproduction alimentaire permettrait en premier lieu de favoriser **l'autonomie et la résilience alimentaire**. De plus, cela limiterait la pression sur les terres agricoles. L'agriculture urbaine, en plus de participer au **verdissement des villes**, contribuant ainsi à la préservation de la biodiversité et à la réduction des îlots urbains de chaleur, pourrait servir de moyen de **sensibilisation** et de promotion de la **biodiversité en ville**.

Cependant, les pratiques utilisées dans les potagers ne sont pas toujours compatibles avec une agriculture low-tech. Ainsi, bien que l'usage de produits phytosanitaires de synthèse par les particuliers et les collectivités soit interdit, les pratiques individuelles demeurent incertaines : tonte de pelouse trop fréquente, compost mal aéré ou encore utilisation de produits non adaptés.

▪ Réglementation

L'autoproduction alimentaire sous forme d'un potager n'est souvent pas concernée par les réglementations agricoles. Néanmoins, depuis 2019, les particuliers n'ont plus le droit d'utiliser de **produits phytosanitaires** de synthèse.

Il n'y a pour le moment pas de réglementation spécifique concernant **l'agriculture urbaine**. Les règles sont donc les mêmes que pour l'agriculture traditionnelle. Des financements spécifiques à l'agriculture urbaine émergent toutefois dans le cadre de **France Relance** (Ministère de l'Agriculture et de l'Alimentation, 2021).

Thématique 2 : Modes de culture alternatifs

Pour la nourriture ne pouvant être autoproduite, les acteurs low-tech cherchent à favoriser des modes de culture alternatifs très divers, qui ont en commun de multiplier les essences cultivées et de baisser l'utilisation d'engins agricoles et d'intrants.

▪ Techniques et acteurs emblématiques

En agriculture, les acteurs low-tech prônent la **polyculture**, à savoir le fait de cultiver plusieurs espèces dans une exploitation ou au niveau d'une région. Différentes méthodes de culture en polyculture coexistent : **l'agroécologie, la permaculture, l'agriculture de conservation...** En France, **la ferme du Bec Hellouin** a été l'une des premières fermes à faire de la recherche sur les modèles agricoles liés à la permaculture et à les mettre en pratique.

© Ferme du Bec Hellouin, 2021



Pour multiplier les espèces cultivées et limiter les intrants, il est possible de s'intéresser aux **semences paysannes et aux plantes anciennes**, reproductibles par le cultivateur et considérées comme plus rustiques et résistantes. Les semences paysannes ont également pour particularité d'être totalement indépendantes des laboratoires, contrairement à d'autres formes de semences qui s'inscrivent dans des procédés de production intégrés dans les circuits de biochimie. En France, l'association **Triticum** alerte sur la dépendance des semences d'aujourd'hui à la biotechnologie et travaille sur des semences paysannes libres de droit. Au-

delà de leurs outils manuels et sobres en ressources, la structure porte une démarche low-tech végétale autour du vivant en retrouvant des semences dites anciennes, non issues de l'agro-industrie, puis en les caractérisant, les multipliant et les transmettant à des fermes. L'association **Kokopelli** porte quant à elle le plaidoyer pour l'autorisation de la vente de semences paysannes et reproductibles.

Les acteurs low-tech proposent une réflexion sur les **intrants agricoles** utilisés, notamment en insistant sur le potentiel de réutilisation des déchets tels que les urines ou encore la revalorisation des biodéchets en compost. **Valurine** est par exemple un projet d'expérimentation porté par Ecosec sur les effets de l'urine utilisée pour amender les cultures en plein champ.

- **Enjeux associés et effets attendus**

L'augmentation des pratiques agricoles low-tech devrait permettre de **limiter l'utilisation d'intrants**, et donc les émissions de gaz à effet de serre et les pollutions des eaux associées. Par ailleurs, les modes de polyculture préconisés **favorisent la biodiversité** dans les parcelles.

De plus, ces modes de culture, nécessitant plus de travail humain, pourraient **soutenir des emplois**.

- **Réglementation**

La loi d'avenir du 13 octobre 2014 introduit la notion d'**agroécologie**, qui regroupe différents **types d'agricultures plus respectueuses de l'environnement** devant être promues, telles que l'agriculture de conservation ou l'agroforesterie. Cependant, d'autres pratiques, comme la permaculture, ne sont pas encadrées par la loi.

Depuis 2014, la **commercialisation de semences paysannes** pour des jardiniers amateurs est autorisée, mais demeure **interdite pour les agriculteurs professionnels**, qui doivent acheter leurs semences au catalogue officiel.

La loi encadre également l'accès au foncier agricole, notamment via le **droit de préemption** dont disposent les Sociétés d'Aménagement Foncier et d'Etablissement Rural (SAFER). La SAFER peut préempter la cession onéreuse ou gratuite de biens immobiliers non bâtis à usage agricole et les biens immobiliers attachés ainsi que des terrains nus à vocation agricole dans le cadre de sa mission de **favoriser le développement des activités agricoles**. Ce droit de préemption s'exerce **en fonction des superficies minimales définies par le décret** qui s'applique dans chaque département.

La loi AGECE a par ailleurs introduit une phase d'expérimentation pour déterminer les méthodes les plus susceptibles d'être retenues pour déployer **l'affichage environnemental des produits alimentaires**. A date, selon le conseil scientifique mobilisé (Conseil Scientifique de l'Expérimentation nationale pour l'Affichage Environnemental des Produits Alimentaires, 2021), les foyers d'impact à inclure sont notamment : l'impact climatique, l'impact sur la

biodiversité, la toxicité et écotoxicité et l'utilisation de ressources en eau. Un tel affichage serait prône à avantager les modes de culture alternatifs susmentionnés qui limitent les intrants, l'utilisation d'énergie carbonée et de ressources naturelles pendant la production.

Thématique 3 : Démécaniser l'agriculture

Les low-tech permettent de limiter l'usage des machines, ou, lorsqu'elles sont nécessaires, d'utiliser des machines moins complexes et plus facilement réparables.

- **Techniques et acteurs emblématiques**

Démécaniser l'agriculture n'est pas sans difficulté, compte tenu de l'importance des **enjeux de production** dans le domaine agricole. De nombreux acteurs ont développé des solutions et méthodes de culture alternatives permettant de baisser l'intensité technologique du secteur. Il est également possible de se tourner vers des machines (types tracteurs, etc.) plus légers, robustes et réparables par exemple sans abandonner totalement leur utilisation. La priorité est dans cette optique de **privilégier des appareils économes en énergie** et prioriser leur réutilisation et leur réparation. Ces outils restent peu connus et peu étudiés à l'heure actuelle, comme le souligne les Greniers d'Abondance : « Il n'y a aujourd'hui en France que très peu de recherche et développement portant sur des outils permettant un certain degré d'autonomie, adaptés à des pratiques agricoles économes en ressources et pouvant être facilement réparés. [...] Il s'agirait de produits adaptatifs, pouvant être librement partagés, réparés et modifiés selon les besoins propres à chacun » (Les Greniers d'Abondance, 2020). Il convient de noter que pour remplacer les machines, les acteurs low-tech ne comptent pas uniquement sur la force humaine ou des machines low-tech, mais aussi sur le **retour de la traction animale**.

Les engins agricoles existants et communément utilisées ont **tendance à aller de pair avec la monoculture**, au détriment des polycultures (voir thématique 2). Cette diminution du recours aux machines demande donc dans certains cas de **revoir les méthodes agricoles employées**. Par exemple, en adaptant au mieux les cultures à la nature du sol, il est parfois possible d'aller jusqu'à une absence de travail mécanique du sol.

Lorsque les machines sont nécessaires, **l'Atelier Paysan** met à disposition des plans accessibles librement et des ateliers pour apprendre à les fabriquer soi-même. Des exemples d'outils low-tech développés par l'Atelier Paysan sont notamment les rouleaux compresseurs pour écraser les mauvaises herbes dans les vignes, ou encore le « cultibutte ». **La Fabriculture** propose quant à elle de fournir des outils manuels, tels qu'une broyeuse à végétaux manuelle. Pour remplacer les serres chauffées, il existe des **serres semi-enterrées**, les **murs à fruits** ou encore les **serres mobiles**.

Un levier potentiel pour réduire l'achat de machines agricoles est également celui de la **mutualisation de matériel entre exploitations**, notamment dans le cadre de coopératives agricoles. De manière générale, les acteurs low-tech considèrent que parvenir à mutualiser les ressources et créer de véritables réseaux agricole est l'un des passages obligés du déploiement des low-tech dans l'agriculture.

Enfin, le fait de démachiniser l'agriculture est également associé à celui d'avoir **plus d'unités de transformations de petite taille, directement à la ferme**. À nouveau, l'Atelier Paysan met à disposition des plans pour faire de la transformation à la ferme avec des « **technologies appropriées** » : production de pain, techniques de conservation des fruits et légumes, fromagerie, charcuterie...

Les low-tech touchent également à des questions annexes qui, bien que n'intervenant pas directement dans les processus de culture, participent au **processus de production des denrées alimentaires**. La question de la **conservation** sur le terrain de l'exploitation, par exemple, a fait l'objet d'expérimentations low-tech avec la création d'un **système de réfrigération passive par le Collectif BAM** pour la ferme de la Martinière, dans la Loire. Le recours à des **réseaux de distribution locaux** (AMAP, magasins paysans, etc.) s'inscrit également dans une démarche low-tech en limitant le transport et l'utilisation de certaines technologies, comme le transport réfrigéré ou le stockage dans des espaces de logistiques ayant une forte empreinte au sol.

- **Enjeux associés et effets attendus**

Démachiniser l'agriculture pourrait **générer de nombreux emplois, réduire l'impact environnemental** de l'agriculture dû aux machines. Financièrement, cela pourrait augmenter les coûts de production pour les agriculteurs en augmentant le recours au travail humain. Toutefois, cela pourrait également permettre aux agriculteurs d'éviter de s'endetter pour acquérir les machines en question..

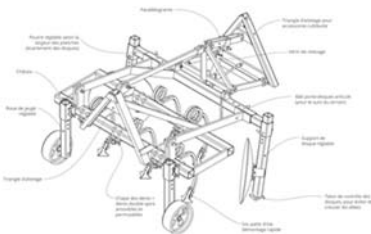
Les associations qui portent ces projets revendiquent également un rôle de **transmission des connaissances**.

- **Réglementation**

L'auto-construction et la modification d'outils agricoles posent la question **des risques d'accidents du travail** que cela peut engendrer. Pour toute modification d'une machine, il est obligatoire de réaliser un diagnostic des risques et de mettre en œuvre les moyens pour les réduire et les prévenir.

Il n'existe pas de réglementation spécifique à la réduction de l'utilisation de machines pour la production agricole. En revanche, des mécanismes réglementaires existent pour aider à l'équipement des agriculteurs, ce qui encourage l'utilisation de machines. Par exemple, la loi dite « Macron » du 7 août 2015 introduit un mécanisme d'aides exceptionnelles à l'équipement en ouvrant aux agriculteurs la possibilité de sur-amortir leurs matériels agricoles achetés neufs ou en crédit-bail ou en location avec option d'achat (Chambres d'agriculture, 2015). Le plan France Relance de 2020 couvre également les questions d'équipement agricole, en offrant des aides aux investissements en agroéquipements qui couvraient par exemple les robots agricoles autonomes et autres matériels de précision (France AgriMer, 2020).

Focus : L'Atelier Paysan



L'Atelier Paysan est une coopérative qui organise des ateliers collaboratifs d'auto-construction d'outils et partage les plans correspondants. Son but est de favoriser l'agroécologie paysanne tout en luttant contre l'endettement paysan. Leur outil phare est le « cultibutte », qui permet de travailler une butte et de commencer la configuration d'une planche de culture.

© L'Atelier Paysan

Pour aller plus loin :

- Articles du Low-tech Magazine sur l'agriculture : [LOW-TECH MAGAZINE: Agriculture \(lowtechmagazine.com\)](http://LOW-TECH MAGAZINE: Agriculture (lowtechmagazine.com))
- Site internet de l'atelier paysan : [L'Atelier Paysan - Coopérative d'autoconstruction \(latelierpaysan.org\)](http://L'Atelier Paysan - Coopérative d'autoconstruction (latelierpaysan.org))
- Etats des lieux de Triticum sur le système alimentaire actuel : Triticum.fr - Semences Paysannes et Résilience Alimentaire
- L'Atelier Paysan, *Reprendre la terre aux machines*, Editions Seuil, 2021 : Reprendre la terre aux machines , l'At... | Editions Seuil

ÉTAT DES LIEUX ET PERSPECTIVES DES LOW-TECH

ANALYSE DU SECTEUR DE L'ALIMENTATION

SYNTHÈSE

La nourriture, souvent considérée comme le premier besoin dans une société, est un enjeu primordial pour les low-tech, qui questionnent à la fois le contenu de l'assiette et la manière de la préparer.

▪ Enjeux des low-tech

En France, l'alimentation représente près de **24 % de l'empreinte carbone des ménages en France** (ADEME, 2019). Les émissions proviennent principalement de la production agricole, en particulier à cause de la part carnée de l'alimentation (65 % de l'impact) et du transport (20 %). L'alimentation est de plus très conditionnée par le contexte local. Ceci est valable aussi bien vis-à-vis de l'approvisionnement (saisonnalité et disponibilité des aliments) que de leurs conditions de conservation. Cet second enjeu est particulièrement prégnant dans le cas des low-tech étant donné qu'elles reposent souvent sur des dispositifs de conservation sans apport énergétique externe.

L'alimentation est également liée à des **enjeux de santé**, puisque qu'une mort sur cinq dans le monde serait associée à une mauvaise alimentation.

Les démarches low-tech se concentrent ainsi sur les habitudes alimentaires et les modes de cuisson et de conservation, afin de favoriser la **résilience alimentaire**.

▪ Freins à la mise en œuvre

Le facteur prix est souvent mentionné comme bloquant à la mise en œuvre d'une démarche alimentaire low-tech, d'autant plus que les foyers dépensent de moins en moins d'argent dans leur nourriture (20 % de leurs dépenses en 2014, contre 35 % en 1960 (Insee, 2015)).

De plus, les **habitudes alimentaires sont culturellement ancrées dans nos sociétés**, et par conséquent très difficiles à changer. L'alimentation low-tech demande en effet de changer à la fois le **contenu** des assiettes et la manière de s'approvisionner et de cuisiner. En particulier, **le temps disponible** pour cuisiner peut poser problème.

L'alimentation low-tech demande également de recourir à des solutions de conservation alternatives. Or **la dimension sanitaire**, notamment vis-à-vis du respect de la chaîne du froid, peut représenter un frein significatif.

Focus : Le garde-manger

Le garde-manger est un ensemble d'espaces de stockage des aliments aux ambiances différentes (température, luminosité, humidité). Un garde-manger permet de mieux conserver les aliments tout en limitant les besoins de réfrigération. Certains fruits seront ainsi conservés dans un espace sec, aéré et à la lumière, tandis qu'un espace plus frais et humide (souvent une boîte à l'extérieur de la maison) permettra de conserver les légumes.



© Low-tech Lab, 2019

Thématique 1 : Un contenu d'assiette low-tech

Les low-tech mettent en avant le fait que les aliments n'ont pas forcément recours avec la même intensité aux technologies et aux ressources naturelles.

▪ Techniques et acteurs emblématiques

Comme souvent, la première étape d'une démarche low-tech ne consiste pas à introduire de nouvelles techniques ou outils, mais à changer des comportements. Dans le cas de l'alimentation, la première étape serait, selon les principaux acteurs low-tech, de manger différemment : **plus les produits sont bruts et de saison, moins ils ont nécessité de technologies et d'infrastructures**. Le fait de manger local et de saison est intimement lié aux possibilités **d'autoproduction alimentaire**, par la culture de parcelles individuelles ou la mise en place de jardins partagés ou de potagers (voir fiche agriculture). Quant à l'alimentation brute, elle consiste par exemple à consommer des aliments qui n'auront pas eu besoin **de chaîne de froid pour être conservés, ou qui n'auront pas ou peu été transformés**. Le changement des habitudes alimentaires est souvent présenté comme une des actions les plus efficaces pour limiter l'impact environnemental de son alimentation sans demander l'utilisation de techniques ou d'équipements. On peut notamment citer la diminution de la consommation de produits d'origine animale (viande, poisson, laitages, œufs), dont la production et la conservation appellent beaucoup d'énergie et d'émissions de GES. La consommation d'**aliments sauvages**, par le biais de la cueillette ou du glanage, fait aussi partie de ces pratiques.

Les low-tech proposent également des **alternatives** à des aliments demandant **beaucoup de ressources**, notamment les produits d'origine animale (par ex. la viande bovine). Des acteurs des low-tech cherchent par exemple à faire entrer de nouveaux **aliments moins gourmands en énergie et en ressources** dans nos alimentations, tels que les insectes ou la spiruline, en utilisant des techniques de culture low-tech pour les produire.

L'**approvisionnement local** permet également de limiter le recours aux transports et aux technologies associées. Les **marchés de producteurs**, les **AMAP** ou encore la **vente à la ferme** représentent ainsi les équivalents low-tech des grandes surfaces.

Une démarche low-tech pose également la question du **gaspillage alimentaire**. Afin de le réduire, il est par exemple possible de manger l'ensemble des aliments (**cuisiner les fanes et les épluchures par exemple**) ou d'apprendre à **accommoder les restes**.

Ces techniques ne sont pas spécifiques aux low-tech. D'autres mouvements, comme la « **slow food** », initiée par Carlo Petrini, proposent de changer les habitudes alimentaires en ce sens.

▪ Enjeux associés et effets attendus

Ces changements alimentaires auraient tout d'abord des conséquences sociales, **sur la santé des consommateurs** et sur leur **pouvoir d'achat**. De plus, le changement de comportements aurait un impact environnemental via l'agriculture et la transformation, en permettant **de réduire les émissions de GES** ou de **limiter l'occupation des sols**.

Ces changements d'habitude de consommation peuvent en revanche demander un **investissement important** : apprendre à connaître de nouveaux aliments, de nouvelles recettes, de nouvelles techniques de cuisine, etc. Ces étapes demandent **d'y consacrer du temps**, alors que le temps moyen passé à cuisiner quotidiennement a diminué de 18 minutes entre 1986 et 2010 en métropole (INSEE, 2021).

▪ Réglementation

Il n'existe **pas de notion juridique encadrant l'aliment de saison, l'aliment brut** (ni l'aliment ultra-transformé), ni l'aliment local.

Le glanage et la cueillette d'aliments sauvages sont autorisés uniquement lorsque le propriétaire des terres a donné son aval ; autrement, cela **risque d'être considéré comme un vol**.

Enfin, le **gaspillage alimentaire** est encadré par la **loi agriculture et alimentation de 2018 (EGalim)** et la **loi anti-gaspillage pour une économie circulaire (AGEC)**, avec des obligations de réduction et de mise en place d'actions de démarches contre le gaspillage alimentaire **dans la restauration collective uniquement**.

Thématique 2 : Préparer et conserver les aliments de manière low-tech

La préparation d'un repas contient généralement une étape de chauffe ou de refroidissement des aliments, ce qui consomme une quantité d'énergie importante ; ces étapes sont, actuellement, la plupart du temps, réalisées par le biais d'appareils ce qui consomme aussi des matières. Les low-tech visent donc à minimiser cette consommation de ressources.

▪ Techniques et acteurs emblématiques

La cuisson et la conservation réfrigérée des aliments consomment une quantité non négligeable d'énergie et de ressources.

Une première étape serait d'améliorer les techniques et outils de cuisine pour les rendre plus low-tech. Il serait notamment possible d'améliorer l'efficacité énergétique des équipements de cuisine et d'adopter des équipements utilisant des énergies renouvelables (comme le biogaz par exemple, plus de détails en fiche Energie).

© Solar Brothers : cuiseur solaire



En premier lieu, le mouvement low-tech préconise le **solaire thermique** pour chauffer les aliments. En Normandie, la **boulangerie Néoloco** produit du pain et torréfie du café grâce à un **four solaire**. D'autres techniques, comme le **séchoir solaire** ou la **stérilisation solaire**, permettent de chauffer les aliments pour les conserver. En France, **Solar Brother** vend différents cuiseurs solaires et met à disposition des plans pour les construire soi-même. L'association « Du soleil dans nos assiettes » met en avant des techniques culinaires (cuisson, stérilisation, etc.) utilisant des énergies low-tech, comme la chaleur du soleil ou le bois.

La **marmite norvégienne** permet quant à elle d'isoler les aliments chauffés, pour poursuivre la cuisson plus doucement et sans apport d'énergie supplémentaire.

Les acteurs des low-tech insistent enfin sur le fait que **la conservation des aliments ne se limite pas à la réfrigération**. En effet la chaîne du froid, centrale dans le système alimentaire actuel, constitue un poste de consommation énergétique et d'émissions de GES majeur. Un exemple emblématique de solution de conservation low-tech est celui du **garde-manger** qui permet de conserver les aliments dans des espaces adaptés aux aliments et ne nécessitant pas d'intrants énergétiques, en totale opposition aux chambres froides couramment utilisées aujourd'hui. Il existe des modes de conservation utilisant la **réfrigération passive**, comme le « frigo du désert » qui s'appuie sur l'évaporation pour garder les aliments au frais. Ce système peut être utilisé à une échelle de la consommation d'un foyer, mais également à plus grande échelle, comme l'illustre l'exploitation agricole de la Martinière. Enfin, il existe des méthodes de conservation de long terme telles que **la pasteurisation ou la lactofermentation**.

Ainsi, des projets de conserveries cherchent à **augmenter la durée de vie de produits à durée de conservation courte** et qui ne sont plus jugés propres à la consommation. Un exemple d'une initiative locale de ce type est celui de la conserverie locale de Metz, qui transforme des invendus alimentaires en produits de longue conservation (soupes, compotes, confitures, fruits séchés, etc.). Ce projet a également pour ambition d'être reproductible partout en France et autonome afin de généraliser cette solution au gaspillage alimentaire.

▪ Enjeux associés et effets attendus

Les techniques de cuisson solaire ont longtemps été promues par des ONG auprès de populations précaires des pays en voie de développement. Néanmoins, elles pourraient être pertinentes en France également, en limitant **la consommation d'énergie** liée au chauffage. Les low-tech pourraient également servir à la réfrigération des aliments. De plus, favoriser la conservation des aliments pourrait **limiter le gaspillage alimentaire**.

▪ Réglementation

Il n'existe pas de réglementation spécifique encadrant l'usage du solaire thermique pour la cuisson, ni la conservation des aliments dans le cadre privé.

Le décret n°55-241 du 10 février 1955 précise les conditions dans lesquelles des **conserves et semi-conserves peuvent être mises en vente**, notamment pour éviter des risques sanitaires.

Les professionnels de l'alimentation doivent respecter la **chaîne du froid**. Ainsi, le **règlement européen n°853/2004** et l'**arrêté ministériel du 21 décembre 2009** définissent les températures maximales de conservation en froid positif pour de nombreux produits animaux.

Thématique 3 : Alimentation collective low-tech

L'alimentation low-tech est souvent réduite à l'alimentation à la maison. Pourtant, des démarches low-tech peuvent s'envisager à l'échelle collective, et de nombreuses techniques low-tech peuvent s'appliquer aux restaurants et cantines.

▪ Techniques et acteurs emblématiques

Avant de penser à la restauration collective (restaurants, cantines), il est possible d'imaginer l'ensemble des techniques et équipements de préparation ou de conservation de ses aliments évoqués en thématique 1 à l'échelle collective. Par exemple, réintroduire un four collectif solaire au centre d'une commune ou d'un quartier pour donner la possibilité à tous les habitants de faire cuire leurs propres aliments (pains, tartes, plats mijotés) est une solution efficace, qui permet en outre de (re)dynamiser un quartier ou une commune. L'association Le Four Pas Banal a ainsi mis en place un tel système dans la commune de Rouairoux, dans le Tarn, avec succès.

Concernant l'alimentation collective, un repas sur sept serait pris à l'extérieur et **un repas hors domicile générerait environ deux fois plus d'émissions qu'un repas à domicile** (INSEE, 2019). Intégrer des low-tech à la restauration collective revient donc à appliquer les techniques évoquées dans les thématiques 1 et 2, mais en s'adaptant aux contraintes sanitaires, liées au transport ou encore au stockage qui s'appliquent aux restaurants et cantines.

Pour Philippe Bihoux, la première manière de rendre un restaurant low-tech est de **généraliser le plat du jour**. En effet, cela diminuerait les risques de gaspillage alimentaire et simplifierait l'organisation.

Les solutions low-tech telles que les fours ou cuiseurs solaires peuvent également être utilisées dans le cadre de la restauration collective, comme à la guinguette *Le Présage* à Marseille, fonctionnant avec un fourneau solaire et proposant une cuisine de saison.

Les équipements spécifiques aux cuisines utilisent également de plus en plus de technologie. Les initiatives low-tech dans ce domaine consistent à réduire la dépendance énergétique des équipements utilisés, et à construire des systèmes de cuisine low-tech. Le Low-tech Lab a par exemple accompagné le **café Code O** pour réfléchir à une cuisine plus low-tech : utilisation de matériaux de récupération, valorisation des déchets verts par un compostage Bokashi, installation d'un récupérateur d'eau de pluie pour les toilettes... **La Vilaine Fabrique** cherche également à créer une cantine mobile démonstratrice de low-tech, notamment équipée d'une « *billig rocket* », une crêpière sur poêle de masse *rocket* (ou « *rocket stove* »). **Le collectif BAM** a lui conçu un module de transformation des aliments non électrique, fonctionnant à l'énergie musculaire, ainsi qu'un système de réfrigération passive qui a pour particularité d'être entièrement mobile. Avoir une unité de cuisine mobile peut encourager des pratiques de mutualisation des infrastructures dans la restauration collective et en limiter l'impact environnemental. Les exemples précités apportent des éléments de réponse à l'enjeu de consommation de ressources énergétiques, et aussi à celui d'autonomie, des éléments d'autoproduction alimentaire étant intégrés dans les modules de cuisine en question.

▪ Enjeux associés et effets attendus

Les effets attendus sont similaires aux effets des thématiques 1 et 2 : amélioration globale de la santé, baisse des transports et des déchets, de la consommation d'énergie...

La restauration collective semble constituer **un effet de levier particulièrement important**, au vu du nombre de repas préparés.

▪ Réglementation

La restauration collective est bien plus concernée par la réglementation que la restauration privée. En particulier, la **loi agriculture et alimentation de 2018 (EGalim)** impose de prendre des mesures de lutte contre le gaspillage alimentaire ou encore de proposer un repas végétarien par semaine dans les cantines.

La réglementation ne concerne néanmoins pas les équipements utilisés dans les cuisines ou leur consommation d'énergie.



Pour aller plus loin :

- Collectif BAM, *La cuisine low-tech* : [Collectif Bam | La cuisine Low-Tech](#)
- Fiche du Low-tech Lab sur le garde-manger : [Garde-Manger — Low-tech Lab \(lowtechlab.org\)](#)
- Fiche du Low-tech Lab sur les conserves lacto-fermentées : [Conserves lactofermentées — Low-tech Lab \(lowtechlab.org\)](#)
- Vidéo du Low-tech Lab sur la conservation des aliments : <https://youtu.be/dtIjKhAh3IE>



ÉTAT DES LIEUX ET ANALYSE DES LOW-TECH

ANALYSE DU SECTEUR DE L'EAU

SYNTHÈSE

Si l'accès à l'eau potable et à l'assainissement est considéré comme un droit fondamental international, beaucoup d'activités économiques, comme l'agriculture ou l'industrie, dépendent également de cette ressource, et ce qui peut mener à de fortes pressions, voire à des pénuries. Très préoccupés par la consommation des ressources, les promoteurs des low-tech apportent une réflexion sur l'approvisionnement, l'utilisation et le traitement de l'eau.

- **Enjeux des low-tech**

La **consommation d'eau moyenne d'un Français s'élève à 146 litres par jour** en 2017 (Office français de la biodiversité, 2020). Ce chiffre ne prend en compte que les usages domestiques de l'eau, qui correspondent à environ 25 % de l'eau totale consommée, contre 50 % pour l'agriculture et 25 % pour l'industrie (Gouvernement français, s.d.). Il convient toutefois de distinguer l'eau prélevée de l'eau consommée. Par exemple, l'agriculture consomme la quasi-totalité de l'eau qu'elle prélève. En revanche, le refroidissement des centrales de production d'électricité engendre des prélèvements d'eau très importants, mais n'en consomme que très peu.

Si les ressources en eau sont plus élevées que la consommation en France, il existe un **risque de pénurie ponctuelle, en particulier lors d'épisodes de sécheresse estivale**. Un autre enjeu est celui de la **qualité de l'eau utilisée**.

En réponse, les low-tech ont développé une réflexion poussée sur la gestion domestique de l'eau, mais sont **peu présentes sur les questions d'usage collectif**.

- **Freins à la mise en œuvre et facteurs de succès**

Il existe de nombreux points de friction concernant l'eau et les low-tech.

Premièrement, la réglementation sur la qualité de l'eau est très stricte et normée, rendant compliquée l'adoption de nouvelles méthodes low-tech pour la produire, la transporter ou l'utiliser. Les conséquences sanitaires d'une technique non adaptée pourraient en effet être très importantes.

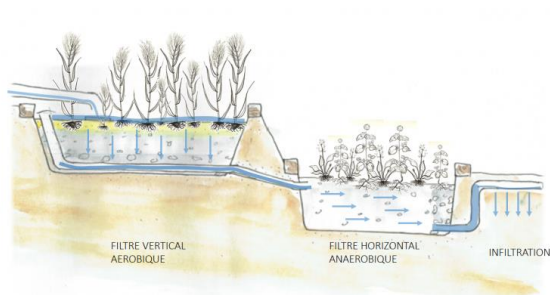
Deuxièmement, l'eau est un secteur de réseau, réclamant des infrastructures lourdes et longues à modifier.

Enfin, l'eau est un sujet important pour de nombreux acteurs : production d'électricité, agriculture, industrie... Par conséquent, il existe de nombreux acteurs publics qui traitent de cette question : ministères, agences de l'eau, ADEME, etc., rendant la coopération interacteurs compliquée.

Focus : La phytoépuration

La phytoépuration est un système low-tech qui utilise des plantes, principalement des roseaux, pour favoriser le développement de certaines bactéries capables de filtrer les eaux grises.

Pouvant être installé pour des habitations non reliées au tout-à-l'égout, un système de phytoépuration est très durable et demande peu d'entretien.



Phytoépuration, © Low-tech Lab, 2019

Thématique 1 : Diminuer la consommation d'eau

De nombreuses techniques low-tech cherchent à réduire le besoin en eau.

▪ Techniques et acteurs emblématiques

En France, près de **40 % de la consommation domestique d'eau est liée aux baignoires et douches, et près de 20 % aux sanitaires** (Low-tech Lab, 2019). La réduction de la consommation d'eau dans ces deux domaines est donc apparue comme une priorité :

Pour la salle d'eau, le Low-tech Lab a cherché à réaliser une douche à recyclage de l'eau. Toutefois, l'association de design « Où sont les dragons » est partie du constat que **la majorité de l'eau consommée sous la douche servait à se réchauffer**. Elle a donc proposé une **salle de bain avec un système de chauffage infrarouge** et voulu remettre au goût du jour une forme d'« **ablution** », divisant par dix la consommation d'eau par rapport à une salle d'eau classique.

Pour les sanitaires, la technique phare des low-tech réside dans **les toilettes sèches**. Cette solution présente comme avantages d'être facilement fabriquable soi-même et de demander un entretien relativement faible. Toutefois, si elles sont habituellement utilisées dans les festivals, leur usage domestique pose des questions d'approvisionnement en sciure de bois et de rejet des excréta. **L'association la Fumainerie propose un système de collecte et de valorisation en contexte urbain** ; toutefois, ce type de solution n'a pas encore été développé dans d'autres villes. Des choix de conception peuvent également diminuer l'exposition des utilisateurs à certaines nuisances (olfactives, visuelles), par l'inclusion de trappes et de conduits de chute.

D'autres techniques low-tech permettent de diminuer la consommation en eau non domestique. Par exemple, **les couverts végétaux, l'hydroponie ou les oyas** sont utilisés en agriculture pour limiter la consommation d'eau. Nous n'avons pas pu recenser de technique low-tech permettant de limiter la consommation d'eau dans l'industrie.

▪ Enjeux associés et effets attendus

Ces techniques pourraient considérablement faire **baisser le niveau de consommation** d'eau domestique, et ainsi **limiter les pressions sur les réseaux** de distribution de l'eau et **améliorer son niveau de résilience** par rapport aux pénuries ponctuelles potentielles.

Ces solutions présentent également un potentiel de **gain de pouvoir d'achat** pour les ménages. En revanche, elles s'insèrent souvent dans des ensembles (salle de bain, cuisines, sanitaires) mobilisant plusieurs techniques et interlocuteurs : chauffage, plomberie, émail, raccords au réseau d'eau, etc. Cette fragmentation peut compliquer l'adoption des solutions low-tech, qui doivent s'insérer dans un écosystème d'acteurs.

▪ Réglementation

Il n'y a pas de limite réglementaire à l'usage de l'eau en France, mais des **restrictions d'usage ponctuelles** (pour l'industrie, l'agriculture et les ménages) peuvent être décidées par les préfets **lors d'épisodes de sécheresse**.

Un **arrêté du 7 septembre 2009** encadre réglementairement l'installation et l'utilisation des toilettes sans apport d'eau. L'article 3 introduit une dérogation pour les « installations d'assainissement non collectif » que reprend l'article 17 qui encadre les toilettes sèches. Celles-ci sont autorisées à condition qu'elles ne génèrent pas de nuisances, rejets liquides ou pollutions des eaux superficielles ou souterraines. Les fèces et urines doivent être recueillies dans une cuve étanche dont le contenu doit être valorisé sur place.

Thématique 2 : Encourager l'utilisation d'eau non traitée

Diminuer la consommation d'eau potabilisée pour des usages où cela n'est pas nécessaire, en généralisant l'usage d'eau non traitée dès lors que cela est possible.

- **Techniques et acteurs emblématiques**

En plus de chercher à limiter les besoins en eau, les acteurs des low-tech cherchent à favoriser l'utilisation de l'eau non traitée pour des usages tels que l'arrosage ou la vidange des toilettes. En effet, la potabilisation de l'eau nécessite des traitements physico-chimiques complexes utilisant des technologies très avancées (Marillys, s.d.).

Pour ce faire, il est possible d'utiliser des techniques très anciennes (par exemple la récupération de l'eau de pluie ou l'utilisation d'un puits). Le **bélier hydraulique**, conçu au XIII^e siècle, permet par exemple de pomper l'eau sans apport d'énergie extérieur. Ce faisant, les impacts environnementaux liés au transport de l'eau sont minimisés, et l'autonomisation vis-à-vis des réseaux de distribution d'eau renforcée.

La réutilisation des eaux grises est également mise en avant. Il s'agit notamment de l'eau issue des douches, des lave-linge ou des lavabos, qui pourrait être réutilisée pour la chasse d'eau, l'arrosage extérieur (sauf potager) ou le lavage de surfaces extérieures. **Spareau** a par exemple développé un système de réutilisation des eaux grises pour les sanitaires.

- **Enjeux associés et effets attendus**

Ces techniques peuvent permettre de faire baisser la quantité d'eau à traiter dans les usines de potabilisation des eaux.

Un des enjeux est toutefois de limiter les risques sanitaires. En effet, la réutilisation des eaux grises exige l'installation d'un réseau différent du réseau d'eau potable et doit assurer sa traçabilité. L'Anses recommande donc de n'envisager ces solutions que pour des usages limités (Anses, 2015).

- **Réglementation**

Il est interdit **d'utiliser l'eau de pluie ou des eaux grises — même traitées — pour tous les usages corporels** (boisson, douche, lave-vaisselle...). Toutefois, la réutilisation des eaux grises pour des usages non corporels nécessiterait, d'après l'Anses, de faire l'objet d'un encadrement plus précis. Cependant, l'eau grise est parfois utilisée dans des contextes de forte contrainte (comme dans les refuges en montagne par exemple).

Les eaux pluviales peuvent être rejetées dans le milieu récepteur soit directement, soit par l'intermédiaire du réseau pluvial de la collectivité. Les eaux pluviales peuvent être collectées pour l'arrosage des espaces extérieurs, jardins, plantes en pots et jardinières.

Thématique 3 : Garantir la qualité de l'eau

Que ce soit pour potabiliser l'eau ou assainir les eaux usées, des low-tech permettent également d'améliorer la qualité de l'eau.

- **Techniques et acteurs emblématiques**

Les low-tech proposent plusieurs manières de filtrer l'eau pour la rendre potable. En premier lieu, le Low-tech lab a développé une technique de **désalinisation solaire**. Si l'eau n'est pas potable immédiatement après désalinisation, il est possible de coupler cette technique à un **filtre à eau en céramique** pour la rendre potable. Pour aller plus loin, certains proposent également d'utiliser du **charbon actif**. Certaines de ces techniques sont utilisées à grande échelle en France. Par exemple, **Eau de Paris** filtre l'eau au charbon actif depuis plusieurs décennies — en complément d'autres traitements.

L'eau du robinet étant potable en France métropolitaine, ces techniques seront surtout utiles dans d'autres contextes (en outre-mer ou dans des cas de pollution).

Le traitement des eaux usées peut également être réalisé de manière low-tech. Lorsque l'habitation n'est pas reliée au tout-à-l'égout, il est possible d'installer un système de **phytoépuration**. Depuis peu, **Nobatek** a également mis au point un système de **lombrifiltre** qui peut à la fois être utilisé en zone urbaine pour soulager les stations d'épuration ou pour les habitations non reliées aux stations d'épuration.

De plus, pour limiter la pression sur les réseaux des eaux usées, certaines communes installent un **réseau séparatif**, dans lequel les eaux de pluie sont séparées des eaux usées pour éviter le retraitement. Des chercheurs, tels que **Florent Chazarenc**, étudient également la dépollution par filtres plantés de roseaux pour mieux structurer la filière. Ce type de dépollution ne permet pas de remplacer une station d'épuration, mais intervient en **complément**. D'autres acteurs ont créé des solutions alternatives, comme le dispositif d'épuration par une succession de filtres en broyat de bois dans des tranchées qu'a conçu l'association Pierre et Terre. De plus, la **séparation à la source des eaux usées** consisterait à séparer les urines, les matières fécales et les eaux grises, sur le même

principe que le tri des déchets. Pour ce faire, il pourrait par exemple y avoir des toilettes à double flux sortant. Le projet ABC Grenoble offre un concept de bâtiment autonome dans lequel les eaux grises sont séparées pour être traitées et réutilisées. Cette technique permet de limiter les retraitements des eaux en aval, et lorsque ceux-ci subsistent, ce sont en général des technologies moins poussées qui entrent en jeu. L'association **la Fumainerie** propose ce type de toilettes à la location. Cela permettrait notamment de produire des fertilisants à base d'urine, tandis que les matières fécales pourraient être compostées.

- **Enjeux associés et effets attendus**

Le développement de techniques low-tech pour rendre l'eau potable pourrait améliorer la résilience des populations n'ayant pas un accès continu à l'eau potable.

L'assainissement des eaux usées low-tech pourrait particulièrement permettre de **limiter la quantité de boues d'épuration (déchets produits lors de l'épuration des eaux)** et **favoriser l'autonomie** des habitations ou collectivités.

Enfin, si séparer les eaux grises et noires permettrait de générer des coproduits intéressants, leur rejet demanderait une modification importante des infrastructures du réseau d'eau.

- **Réglementation**

Les normes pour pouvoir considérer une eau comme potable sont dictées au niveau européen, notamment via la **directive-cadre sur l'eau (DCE)**. Il n'y a pas de réglementation spécifique sur l'utilisation des techniques low-tech pour potabiliser l'eau, l'obligation concernant la qualité de l'eau, pas la technique employée. **L'utilisation de ces techniques dans le cadre privé n'est pas réglementée.**

Lorsqu'il existe un réseau d'assainissement collectif, les riverains ont **l'obligation de raccorder le bâtiment**. En cas d'absence d'infrastructures d'assainissement collectif (par exemple, dans des zones isolées, parc naturels, régions montagneuses, etc.), les riverains peuvent mobiliser des solutions alternatives de type phytoépuration, prises en charge par la commune en question.

Tout rejet, autre que domestique, dans le réseau d'assainissement collectif, doit être préalablement autorisé (autorisation de déversement) par :

- Le maire ou le président de l'établissement public ou du syndicat mixte compétent en matière de collecte à l'endroit du déversement, si les pouvoirs de police des maires des communes membres lui ont été transférés.
- Après avis délivré par la personne publique chargée du transport et de l'épuration des eaux usées, ainsi que du traitement des boues en aval, si cette collectivité est différente.

Il est interdit de déverser des eaux industrielles ou domestiques dans le milieu naturel sans traitement.

Pour aller plus loin :

Voir le système hydraulique global d'une habitation low-tech au Chili :

https://wiki.lowtechlab.org/wiki/Syst%C3%A8me_hydraulique_global_d%27une_habitation

Voir Joseph Orszagh sur l'indépendance vis-à-vis des réseaux de distribution d'eau : <http://www.eautarcie.org/index-fr.html>

Ivan Illich : [H2O – les eaux de l'oubli](#)

Allan Savory sur la tension en eau particulièrement dans les zones sèches du globe.

ÉTAT DES LIEUX ET PERSPECTIVES DES LOW-TECH

ANALYSE DU SECTEUR DE L'ÉNERGIE

SYNTHÈSE

L'énergie est le moteur des économies et sociétés modernes. Pourtant, si l'accès à l'énergie est un droit reconnu dans le Code de l'énergie, sa production est aujourd'hui fortement émettrice de CO₂ et a des impacts environnementaux conséquents. Pour limiter ces effets, les promoteurs des low-tech proposent une réflexion centrée sur la sobriété énergétique.

▪ Enjeux des low-tech

En 2018, **65 % du mix énergétique français en énergie finale** — c'est-à-dire après l'énergie réellement consommée après les transformations, le transport et la distribution qui peuvent engendrer des pertes — est d'origine **fossile**, et 17 % d'origine renouvelable (Ministère de la Transition écologique, 2020). Cette dépendance vis-à-vis des énergies fossiles a de lourds **impacts environnementaux** : émissions de CO₂, utilisation de ressources, pluies acides ou encore marées noires.

La France a inscrit l'objectif de **neutralité carbone** dans sa législation par la loi énergie climat du 8 novembre 2019. À l'horizon 2030, la feuille de route de la PPE (programmation pluriannuelle de l'énergie) identifie deux leviers d'action pour mener à bien la transition énergétique : **réduire les émissions liées à la production** (en tendant vers la décarbonation) et **réduire la consommation d'énergie**.

Les promoteurs des low-tech donnent la **priorité à la réduction de la consommation d'énergie**. Pour les réductions d'émissions liées à la production, ils portent une attention particulière à la **consommation de ressources et au risque d'effet rebond**. Enfin, la question de l'**autonomie énergétique** est fréquemment associée aux low-tech, qui peuvent faciliter l'**autoproduction**. La démarche **Négawatt** est emblématique de cette approche de l'énergie et consiste à privilégier la sobriété et l'efficacité énergétique, en cherchant des **gisements d'économies d'énergie**, avant de recourir à la production d'énergies renouvelables.

▪ Freins à la mise en œuvre et facteurs de succès

Le secteur de l'énergie est hautement stratégique, à la fois pour la très forte dépendance à l'énergie de la majorité des activités humaines et pour son rôle important dans le changement climatique. Par conséquent, il existe un **cadre légal très développé**, notamment avec **des programmations pluriannuelles de l'énergie**. Ce cadre légal, qui pour l'instant n'inclut que très peu les thématiques low-tech, pourrait devenir un levier de leur déploiement, d'autant plus que le secteur de l'énergie réclame de nombreuses infrastructures. Ainsi, le temps nécessaire pour remplacer le parc de production d'énergie existant par les nouvelles solutions, « **l'effet parc** », peut être long s'il n'y a pas d'incitation légale, et le remplacement difficile à enclencher.

De plus, les techniques low-tech pourraient permettre de **limiter la précarité énergétique**, grâce aux économies financières pour les consommateurs.

Toutefois, l'un des freins majeurs au déploiements des low-tech dans ce secteur est le doute sur la capacité des low-tech de répondre à la demande en énergie.

Thématique 1 : Réduire ses besoins en énergie

Faire preuve de **sobriété énergétique** constitue la première étape d'une transition énergétique low-tech. Il s'agit de repenser les comportements, en **supprimant les besoins superflus** et en **optimisant la consommation énergétique pour les besoins vitaux** (se nourrir, se loger, se chauffer, se déplacer).

▪ Techniques et acteurs emblématiques

Une démarche low-tech cherche à limiter la consommation d'énergie dès lors que cela est possible, et dans tous les secteurs. Par exemple, pour le secteur de la mobilité, cela revient à **limiter le nombre de kilomètres parcourus** (voir fiche mobilité). Pour l'habitat, et en particulier le chauffage, les promoteurs des low-tech proposent de **chauffer les personnes plutôt que les espaces** (voir fiche habitat).

▪ Enjeux associés et effets attendus

La **diminution des impacts environnementaux** est le principal enjeu lié à ces mesures de réduction des besoins énergétiques. Du point de vue de l'utilisateur, il est également possible de faire des **économies financières** non négligeables en réduisant fortement sa consommation. La **diminution de son confort** peut cependant être vue comme un point bloquant.

De plus, une telle démarche entraînerait des conséquences importantes sur le marché du travail : elle pourrait créer de nouveaux emplois, mais avec le risque d'en rendre certains plus pénibles. Par exemple, la Fabrique écologique considère que la mécanisation dans l'industrie textile et la production de papier a apporté des gains tels que démécaniser « serait énorme et insupportable, au moins à court terme » (La Fabrique écologique, 2019). En revanche, préférer les guichets aux bornes automatiques dans les activités de service semble présenter moins de risques de pénibilité du travail.

▪ Réglementation

Les orientations et priorités d'action des pouvoirs publics concernant l'énergie sont indiquées dans les programmations pluriannuelles de l'énergie (PPE). La PPE 2019-2028 fixe un objectif de baisse de la consommation finale d'énergie de 16,5 % en 2028 par rapport à 2012. Les techniques low-tech mentionnées dans la présente fiche n'apparaissent pas dans le plan, qui privilégie la rénovation thermique du bâtiment et les mobilités douces.

Thématique 2 : Utiliser l'énergie la moins transformée possible

Les acteurs des low-tech cherchent à trouver des techniques **d'exploitation d'énergies renouvelables réellement durables et limitant les pressions sur les ressources terrestres**. Ils considèrent que des énergies renouvelables telles que le photovoltaïque ou l'éolien sont trop gourmandes en métaux critiques (cuivres, métaux rares (Pitron, 2018), d'autant plus avec le développement des smart grids (Bihouix P. , 2014) et de l'éolien offshore). Ces derniers sont difficilement recyclables et manquent d'efficacité, là où une production d'énergie peu transformée à l'échelle locale ou semi-locale avec des technologies simples peut présenter des marges d'efficacité significatives.

Certaines solutions de production d'énergie sont anciennes et parfois oubliées. Le projet **Paléoénergétique**, porté par l'association Atelier 21 et Regenbox, cherche à rassembler ces méthodes sur leur site internet. Ainsi, Paléoénergétique/Atelier 21/Regenbox surligne plusieurs techniques ancestrales pertinentes aujourd'hui, comme les tours à vent ou « badgir », qui permettent de refroidir les bâtiments sans apport d'énergie extérieure.

▪ Techniques et acteurs emblématiques



Le Bike Washing Machine

Les acteurs des low-tech proposent une réflexion sur l'utilisation de **l'énergie humaine et animale** (voir fiche agriculture), notamment en mettant en avant **des alternatives manuelles** low-tech à de nombreux objets. Par exemple l'utilisation d'énergie manuelle sera préférée à l'électrification de services dans l'habitat tels que les stores ou les portes de garage. Si ces objets ne représentent qu'une partie mineure de la consommation d'énergie les réduire permettrait d'atteindre des « **quick wins** » (gains rapides). Parmi les objets manuels low-tech phares, il existe **la machine à laver à pédales** ou **le pédalier multifonction**, capable d'activer plusieurs types d'outils (*blenders*, machines à coudre, perceuses).

L'exemple phare d'énergie peu transformée est le **solaire thermique**, qui capte la chaleur du soleil, utilisée directement pour chauffer. Le solaire thermique est en ce sens plus efficace que le solaire photovoltaïque, qui transforme les rayonnements en électricité, puis à nouveau en chaleur, provoquant des pertes. Le solaire thermique permet des usages variés, aussi bien domestiques qu'industriels : chauffage, eau chaude... Plusieurs acteurs du monde des low-tech se sont positionnés sur ce créneau, notamment **Enerlog** ou **Azeo**, qui proposent des **stages d'autoconstruction de chauffages solaires à air chaud** ou de **chauffe-eau solaires**.

Le même principe peut être appliqué à l'hydraulique : l'**hydraulique directe** aurait des rendements supérieurs à l'hydroélectrique, car cette technique éviterait les pertes liées à la transformation en électricité. Aujourd'hui peu répandu, ce principe a été remis à l'ordre du jour au Nicaragua, où une « dépulpeuse à café » fonctionnant à l'hydraulique directe a été installée en 2007 (Raichle, Sinclair, & Ferrell, 2012).

La technologie **solaire thermique à concentration** (aussi appelée solaire thermodynamique) offre quant à elle des opportunités de production et de stockage (La Banque mondiale, 2018). **Solar Fire France** est un acteur émergent de cet écosystème construisant la Lytefire, un four solaire à concentration à destination de boulangers, biscuitiers, torrificateurs, brasseurs... Cette technique low-tech est autonome — pas de moteur, de combustible, de batterie, ou d'électronique —, sobre, durable — pas de métaux rares — et réparable. L'ambition de Solar Fire France est de **bâtir une véritable communauté d'artisans entrepreneurs solaires**, le premier étant Arnaud Crétot, qui a ouvert sa boulangerie solaire Neoloco en 2018 en Normandie, la première en Europe.

D'autres solutions low-tech se servent du vent pour produire de l'énergie. Ainsi, le **réseau Tripalium** propose des stages d'auto-construction d'**éoliennes Piggott**, des éoliennes de petite taille, simples à construire, économes en ressources et ayant une longue durée de vie. **Uneole** est une startup lilloise qui développe des **mini-éoliennes abordables, ultra bas-carbone, à poser sur les toits des habitations**.



Une éolienne Piggott

La **biomasse**, aujourd'hui principale source d'énergie renouvelable en France, avec plus de 55 % de la production d'énergie finale issue de sources renouvelables (Ministère de la Transition écologique, 2020), est en pleine expansion et certaines techniques peuvent être considérées comme low-tech.

Le **chauffage au bois** est l'une d'entre elles, car il nécessite des intrants souvent disponibles localement et n'ayant pas besoin d'être transformés. Par exemple, le **poêle de masse, ou à accumulation**, est un système de chauffage au bois dont le rendement peut atteindre 90 %. Son utilisation consiste à tout d'abord faire brûler intensément des bûches de bois ; la chaleur de la combustion, accumulée dans la masse du poêle, est ensuite restituée sous forme de chaleur douce pendant une longue durée, typiquement de 24 heures pour une à deux flambées quotidiennes. Plusieurs acteurs se sont positionnés sur le sujet, parmi lesquels Agir Low-Tech, APALA, l'Atelier du Zéphyr ou Oxalis, et proposent souvent des formations ou stages à l'autoconstruction. Le poêle de masse présente de nombreux avantages pour une démarche low-tech : appel au petit artisanat local, en lien avec l'AFPMA¹, simplification de l'objet, autonomisation de l'utilisateur, diffusion des connaissances...



La Biobeebox par Bee&Co

Il est également possible de citer la **méthanisation** de déchets organiques, avec le développement par l'association **Picojoule** de biodigesteurs domestiques qui produisent du biogaz. Particulièrement adaptée au milieu urbain, la **micro-méthanisation** permettrait de recycler localement (à l'échelle d'un immeuble ou d'un quartier) des biodéchets aujourd'hui incinérés. La société **Bee&Co** a par exemple déployé en 2007 à Bordeaux la Biobeebox, conteneur de méthanisation pour traiter les déchets organiques au plus près des lieux de leur production dans les collectivités.

▪ Enjeux associés et effets attendus

Un enjeu intrinsèquement lié au modèle économique de ces énergies renouvelables (souvent des stages à l'autoconstruction ou des formations accompagnées) est la (re)création de **lien social** par la transmission de savoirs et de savoir-faire. Ces modèles permettent aux individus de se **réapproprier les technologies** et ainsi d'acquérir une certaine **autonomie énergétique**.

Les freins peuvent être **financiers**, notamment concernant le solaire thermique à concentration, relatifs à la **sécurité** — lorsqu'il s'agit de construire ses propres produits — ou encore liés au **milieu de vie** — un jardin est plus adapté à l'installation d'un chauffe-eau solaire qu'un petit appartement urbain. Il existe des barrières **assurantielles** importantes, notamment pour les professionnels du poêle de masse usant de modèles d'auto-construction ou d'aide à l'auto-construction.

Les **normes d'injection d'énergie dans le réseau public** peuvent également représenter un frein à la production d'énergie low-tech. Pour l'électricité, les dispositifs doivent notamment se conformer aux normes en vigueur (norme allemande DIN VDE 0126-1-1/A1 et normes françaises CEI 61215 et CEI 61646) qui garantissent la sécurité du réseau et du matériel.

L'injection de gaz est également encadrée. Le biométhane doit par exemple être conforme aux normes d'innocuité sanitaire et respecter les intrants définis par l'arrêté du 23 novembre 2011 fixant la nature des intrants dans la production de **biométhane** pour l'injection dans les réseaux de gaz naturel.

¹ Association française du poêle maçonné artisanal

Enfin, un enjeu important est la capacité de ces techniques existant aujourd'hui à petite échelle domestique à répondre aux besoins à grande échelle, notamment pour des usages industriels.

- **Réglementation**

L'installation de panneaux solaires doit respecter les exigences de la **commune, le Code de l'urbanisme** et peut être freiné par la présence de **bâtiments historiques à proximité**. Pour les chauffe-eau solaires, il existe des **exigences légales d'isolation du ballon** pour limiter les pertes énergétiques.

Les éoliennes de plus de 12 mètres de haut doivent quant à elles obéir à **l'article R 421-2 c du Code de l'urbanisme** et nécessitent un permis de construire (délivré par la mairie ou le préfet), une notice d'impact et une enquête de voisinage. Pour celles de moins de 12 mètres de haut, seule une déclaration de travaux est nécessaire.

Toute installation de méthanisation, peu importe sa taille, est soumise à la **réglementation ICPE n° 2781** et doit faire l'objet d'une autorisation, complexe et chronophage. Les installations de biogaz de puissance inférieure à 50 MW n'ont pas besoin d'une autorisation d'exploiter pour opérer. Si des matières non végétales sont ajoutées (déchets de viande, déjections...), l'installation est alors considérée comme une usine de traitement de déchets et la procédure d'enregistrement coûte **10 000 euros**. Toutefois, l'assouplissement progressif des contraintes vis-à-vis de la méthanisation agricole peut laisser présager des évolutions similaires pour les autres types de méthanisation. De plus, la loi relative à la lutte contre le gaspillage et à l'économie circulaire du 10 février 2020 **impose le tri à la source à tous les producteurs de biodéchets au plus tard le 31 décembre 2023** (c'est déjà le cas depuis 2016 pour les établissements générant plus de 10 tonnes de biodéchets par an). Les biodéchets collectés devront être valorisés sous forme de compost ou d'énergie, ce qui représente une opportunité de développement importante pour la méthanisation, notamment à proximité de grandes zones urbaines.

Quant aux poêles de masse, ils doivent respecter la norme NF EN 15250, qui s'applique aux appareils de chauffage domestique à combustible solide à libération lente de chaleur. Par exemple, une période minimale comprise entre le moment où l'appareil atteint la température de surface différentielle maximale et où la température chute à 50 % de cette valeur maximale, doit être respectée.

Les installations en autoconsommation commencent à faire l'objet de législations spécifiques pour encourager leur développement. Ainsi en est-il de la loi autoconsommation du 24 février 2017, complétée par l'arrêté du 9 mai 2017, qui donne des **avantages financiers** (prime à l'investissement, allègement fiscal) et définit les **conditions de rachat du surplus éventuel de production**. Le **décret tertiaire** encourage également l'autoconsommation énergétique, étant donné que les énergies renouvelables **produites sur site et autoconsommées** sont déduites des consommations d'énergie totales du bâtiment.

Thématique 3 : Aligner production et demande énergétiques

- **Techniques et acteurs emblématiques**

Un des grands verrous des énergies renouvelables et des solutions techniques présentées précédemment (les procédés de valorisation de déchets mis à part) est leur **intermittence** et *in fine* leur incapacité à répondre de manière continue à la demande énergétique. Les réseaux électriques intelligents (ou *smart grids* en anglais) couplés à des batteries constituent la réponse communément apportée pour ajuster le flux d'électricité en temps réel entre fournisseurs et consommateurs. Les acteurs des low-tech ont tendance à critiquer ces solutions, car elles nécessitent l'installation d'un macro-système technique riche en métaux rares ou stratégiques, disponibles en quantité limitée et dont l'extraction est polluante.

Trois grandes pistes sont explorées par les low-tech pour répondre à cet enjeu. La première est d'ordre **comportementale** et consiste à **accepter cette contrainte**. L'objectif est ainsi la **sobriété et la réduction des contenus électroniques**, « **quitte à accepter de l'intermittence** » (Bihouix P. , 2019).

Pour ce faire, il est possible de s'organiser, à l'échelle individuelle, pour utiliser les appareils électriques les plus consommateurs (ex. : machine à laver) en fonction des pics de production : par exemple, lorsqu'il y a du soleil plutôt que la nuit dans le cas de panneaux photovoltaïques. Une autre piste d'action à l'échelle collective, dans une optique de saisonnalité des utilisations énergétiques, est d'utiliser la chaleur fatale des serveurs en hiver pour chauffer des bureaux ou des habitations. Enfin, il est envisageable de **mettre en place un système de priorités sur le réseau électrique en fonction de ses besoins les plus essentiels** (Low-tech Lab, s.d.). Un exemple de système énergétique collectif alignant besoins et production énergétique est celui de la **Living Energy Farm** aux États-Unis (Low-tech Lab, 2021). L'énergie y est produite grâce à un micro-réseau photovoltaïque en courant continu et **utilisation directe**. Ce système implique une adaptation de la demande énergétique en fonction des fluctuations de l'alimentation. Les utilisateurs doivent s'adapter au niveau de production du système photovoltaïque, et la quantité d'électricité stockée sous batterie fer-nickel est maintenue à un minimum.

La deuxième grande piste réside dans **une combinaison de sources d'énergie** diverses, afin que celles-ci se compensent les uns et les autres (voir fiche Outils et matériaux).

La troisième grande piste réside dans les **systèmes de stockage d'énergie durables et résilients**. Le recyclage des batteries est encore à l'état embryonnaire et, si quelques solutions low-tech commencent à éclore, elles concernent exclusivement des batteries de petite taille (comme des batteries d'ordinateurs) et des usages restreints.

Parmi les procédés à l'étude novateurs et déployables à grande échelle, se trouve néanmoins l'**air comprimé stocké** à plus ou moins forte pression, qui offre une durée de vie plus longue que les batteries, une meilleure recyclabilité et permettrait de faire émerger un véritable réseau distribué et décentralisé économe en ressources. **Enairys Powertech** est un des acteurs de cette technologie et vise plus précisément le marché résidentiel en stockant l'air à forte pression dans des bouteilles à 200 bars. **Energistro** développe quant à lui des **volants de stockage d'énergie en béton**. Jusqu'à présent, les volants étaient faits avec des matériaux à haute résistance et très chers (fibres de carbone ou acier) et le béton, bien qu'énergivore et polluant, offre certains avantages : production locale, coûts maîtrisés, durée de vie quasi illimitée. Il est également possible de stocker l'énergie sous une forme autre qu'électrique, en pompant par exemple de l'eau pour la stocker en hauteur et ainsi transformer l'énergie électrique en **énergie potentielle de pesanteur**. Le projet **RegenBox** porté par Atelier 21, quant à lui, tente d'aborder la recharge de piles alcalines de façon low-tech. Le projet de régénérateur, basé sur un brevet ancien expliquant comment recharger des piles alcalines, pourtant pensées comme jetables, a pour but de développer une solution de recharge par micro-impulsion électrique en *open source* autour d'une communauté d'utilisateurs, en se basant sur les piles déjà en circulation sur le marché.



Le volant en béton d'Energistro

▪ Enjeux associés et effets attendus

Toutes ces techniques de stockage demandent de nombreuses années de recherche et développement, notamment pour optimiser leurs rendements. Par exemple, la technique s'appuyant sur l'air comprimé fait face à deux obstacles entravant son déploiement : le faible rendement énergétique et la taille du réservoir (qui est problématique à petite échelle)².

Par ailleurs, un développement à grande échelle nécessitera des financements considérables, aujourd'hui davantage orientés vers des systèmes reposant sur des batteries non durables.

Enfin, l'intermittence énergétique est aujourd'hui difficilement acceptable. L'un des enjeux — si cette technique doit se généraliser — serait d'être capable de prioriser les besoins sur le réseau.

▪ Réglementation

Il n'existe pas à ce jour de cadre législatif sur la gestion de l'intermittence énergétique. Toutefois, pour équilibrer le système électrique, les gestionnaires de réseaux (comme RTE) peuvent demander aux industries et aux particuliers de réduire leur consommation énergétique lors de pics de consommation, avec des contreparties financières. C'est le principe de **l'effacement de consommation électrique**. Un système similaire pourrait juguler l'intermittence des énergies renouvelables sur le réseau.

La **production décentralisée d'énergie** et la mise en œuvre de moyens de stockage associés ne sont pas encore régies par un cadre législatif qui leur soit consacré, limitant ainsi l'émergence de nouveaux opérateurs et de services de stockage.

Pour aller plus loin :

Voir Philippe Bihouix, *La transition énergétique peut-elle être low-tech ?* Revue internationale et stratégique, p. 97-106, janvier 2019

²DE DECKER Kris, *Stockage d'énergie par air comprimé hors réseau*, Low-tech magazine, 14 avril 2020



ÉTAT DES LIEUX ET PERSPECTIVES DES LOW-TECH

ANALYSE DU SECTEUR DU NUMÉRIQUE

SYNTHÈSE

Le numérique est l'un des secteurs dans lequel les high-tech sont le plus présentes. Si l'idée d'un numérique low-tech peut paraître contradictoire, de nombreux acteurs se sont penchés sur ce domaine : à la fois en mettant en avant les usages pour lesquels la numérisation est réellement pertinente et en cherchant à rendre le numérique le plus low-tech possible.

▪ Enjeux des low-tech

Le secteur du numérique représente près de 3,7 % des émissions mondiales de GES et son empreinte énergétique augmente de près de 9 % par an (The Shift Project, 2018). Au vu de la croissance actuelle des émissions du numérique, les *experts du Shift* considèrent que cette dynamique est incompatible avec une trajectoire de 2 °C de réchauffement.

L'empreinte carbone du numérique est majoritairement concentrée sur la phase de fabrication des terminaux, qui représente 70% de l'empreinte carbone du numérique en France (Loi visant à réduire l'empreinte environnementale du numérique en France, 15 novembre 2021). Par voie de conséquence, les acteurs des low-tech donnent la priorité à la diminution des terminaux, plutôt qu'à la diminution des impacts environnementaux liés aux terminaux restants, à leurs usages ou au réseau.

De nombreuses innovations numériques cherchent à apporter une réponse aux crises écologiques. Par exemple, les technologies de l'information et de la communication (TIC) permettent d'optimiser des déplacements ou des procédés industriels. Pour autant, les acteurs des low-tech alertent quant aux limites de ces innovations et aux risques **d'effets rebond**, notamment en termes d'utilisation des ressources.

C'est pourquoi, une démarche low-tech cherche à trouver un compromis entre utilité sociale et impact environnemental du numérique. Ainsi, les acteurs des low-tech essaient de limiter l'usage du numérique mais ne s'en défont pas complètement.

▪ Freins à la mise en œuvre et facteurs de succès

Il semble difficile de concevoir un numérique low-tech pour de nombreuses raisons. La première est avant tout d'ordre sémantique, le numérique serait le terrain de jeu du high-tech et semble incompatible avec les low-tech. De plus, c'est dans ce secteur que le discours du progrès, fondé sur la complexification des technologies, est le plus prégnant. Les low-tech sont ainsi fréquemment perçues comme un retour en arrière, qui serait incompatible avec le numérique. Pour autant, certains acteurs ont décidé qu'il fallait dépasser cette incompatibilité de principe et proposent une réflexion sur le numérique low-tech.

La deuxième difficulté est la dépendance importante au numérique dans de nombreux domaines (le travail, les procédés industriels, l'accès aux services, le stockage et partage de connaissances, etc.). Cette dépendance rend compliqué le fait de diminuer l'usage du numérique (voir thématique 1).

Enfin, l'impact environnemental du numérique est difficile à mesurer. Le numérique, et surtout Internet, sont souvent vus comme quelque chose n'ayant pas d'impact environnemental, parce que *dématérialisé*.

Néanmoins, le numérique est également un **outil puissant à la disposition des acteurs des low-tech** pour leur permettre de collaborer efficacement. Des acteurs davantage en phases avec les aspirations low-tech que les GAFAs se positionnent sur ce créneau, comme GitHub ou l'Assemblée Virtuelle. Cet écosystème d'acteurs développe de manière collaborative, sobre et décentralisée des communs et des outils au service des acteurs de la transition afin de favoriser leur mise en réseau. L'accent est mis sur l'importance de l'interopérabilité, c'est-à-dire de la capacité de systèmes informatiques à s'adapter et à collaborer avec d'autres systèmes indépendants.

Thématique 1 : éviter la numérisation

Sans prétendre vouloir s'affranchir totalement du numérique, les démarches low-tech mettent en avant l'aspect superflu de la numérisation de nombreux objets du quotidien. Certains d'entre eux parlent de « dénumérisation ».

▪ Techniques et acteurs emblématiques

Un quart des Français posséderaient au moins un objet connecté (Direction générale de la concurrence, de la consommation et de la répression des fraudes, 2021). Leur utilité est toutefois remise en question par les acteurs des low-tech. Ils questionnent en particulier la pertinence d'utiliser des métaux rares et épuisables pour contrôler son aspirateur, ses volets roulants ou mesurer l'intensité de son activité physique. Ils mettent également en avant la durée de vie limitée et la faible réparabilité des objets connectés.

L'association **Ritimo** a ainsi publié un dossier intitulé « *Low-tech : face au tout numérique, se réapproprié les technologies* », dans lequel elle développe l'idée qu'il faut se **défaire des habitudes de confort numérique** (Ritimo, 2020). Dans cette démarche, la montre classique devient l'alternative low-tech à la montre connectée et une carte papier l'alternative à un système de GPS sur son smartphone. Cette *dénumérisation* passe ainsi par une limitation dans les consommations individuelles de numérique. Par exemple, des acteurs comme **TeleCoop** proposent d'arrêter les forfaits téléphoniques en illimité et mettent en avant des forfaits dont la facture dépend de la consommation réelle.

Pour limiter la numérisation et promouvoir un modèle plus sobre, **La Fabrique écologique** propose même de créer un comité citoyen qui aurait pour rôle d'autoriser ou d'interdire la production de produits sur la base de leur impact environnemental et humain.

Il n'existe, à notre connaissance, pas d'acteur qui propose un service d'accompagnement à la *dénumérisation*. Pour cette thématique, la démarche low-tech s'apparente davantage à un refus de certains types d'objets et de services qu'à une technique spécifique.

▪ Enjeux associés et effets attendus



La limitation des objets connectés réduirait le nombre d'équipements connectés — et par conséquent la consommation de ressources. De plus, cela réduirait la quantité de données échangées, et donc de stockage nécessaire et d'énergie consommée.

Réduire l'approche du « tout numérique » permettrait, de plus, de diminuer les quantités de déchets dangereux dont le secteur du numérique est à l'origine. En 2019, la production de déchets électroniques dans le monde était de **53,6 millions de tonnes**, ce qui équivaut à 7,3 kg par personne en moyenne par an (Institut du numérique responsable, 2020).

L'un des enjeux régulièrement mentionnés est toutefois celui de la dépendance - aux écrans sur le plan individuel, au numérique pour le travail ou encore à internet pour accéder aux services - qui risque de rendre compliquées les tentatives de *dénumériser*.

Dans des industries où la numérisation permet des gains en productivité importants, *dénumériser* pourrait de plus entraîner une dégradation des conditions de travail. Cette réflexion sur la *dénumérisation* se traduit d'ailleurs régulièrement par une réflexion sur les secteurs dans lesquels l'usage du numérique peut être intéressant, comme la médecine, et ceux dans lesquels il ne semble pas ou peu pertinent.

▪ Réglementation

À ce jour, il n'existe pas de réglementation spécifique encadrant la numérisation des objets. L'encadrement des usages numériques est toutefois en cours d'élaboration. Ainsi, le 15 novembre 2021, la loi visant à réduire l'empreinte environnementale du numérique, également appelée loi Chaize, a été promulguée. Elle introduit l'obligation de former les élèves à la sobriété numérique à l'école ainsi que l'encadrement des techniques de captation de l'attention en ligne. La loi est encore en cours de construction.

De plus, l'article 13 alinéa III bis de la loi AGEC introduit pour les fournisseurs d'accès à internet l'obligation de communiquer à leurs clients la quantité de données consommées et les émissions de gaz à effet de serre associées.

Thématique 2 : diminuer l'impact des terminaux

La logique de dénumérisation explicitée en thématique 1 a ses limites et il semble illusoire, voire contre-productif, de vouloir tout dénumériser. Pour réduire l'impact environnemental des terminaux restants, les acteurs des low-tech proposent différentes techniques, comme l'allongement de leur durée de vie ou le recours à l'économie de la fonctionnalité.

▪ Techniques et acteurs emblématiques

La complexification et l'obsolescence programmée des équipements numériques entraînent des consommations d'énergie et de ressources de plus en plus importantes.

Les promoteurs des low-tech mettent ainsi en avant la possibilité de **limiter le nombre d'équipements individuels**. Pour cela, **l'économie de la fonctionnalité** est régulièrement envisagée pour louer le matériel numérique. En France, la coopérative **Commonn** propose par exemple, aux particuliers comme aux professionnels, des appareils réparables et plus durables en location. Certains acteurs pensent que d'autres terminaux que les ordinateurs, tels que les imprimantes ou les caméscopes, pourraient encore plus facilement être mutualisés.

Allonger la durée de vie des terminaux est également un sujet pour les acteurs des low-tech, car c'est lors de la fabrication qu'un terminal a l'impact environnemental le plus important¹. À rebours de l'idée selon laquelle l'obsolescence technique, esthétique et logicielle justifie le renouvellement des terminaux, ils rappellent que de nombreux terminaux sont jetés en étant toujours en état de marche.

L'une des manières d'allonger la durée de vie est notamment d'améliorer la réparabilité des terminaux. Cela peut se faire dès la conception, en les rendant **modulables, compatibles, réutilisables**. Certaines marques, comme **Fairphone** et **Why !**, proposent des produits dont les composants sont facilement remplaçables par des particuliers, sans outil spécifique ou compétence technique poussée. Ces mêmes marques mettent également à disposition des pièces de rechange pendant plusieurs années après l'achat, dont parfois des pièces d'occasion. Il est important de préciser que de nombreux acteurs low-tech citent ces terminaux comme des exemples d'écoconception, mais pas forcément comme des exemples de low-tech.



De plus, pour Philippe Bihouix, augmenter la réparabilité des terminaux se fera sans doute « à condition de renoncer à certains aspects esthétiques, à la course à la taille, à la performance » (Bihouix, 2014). Accepter de **renoncer à certaines fonctionnalités** fait partie de ce qui différencie une démarche low-tech d'une démarche d'économie circulaire. Ainsi, le **Raspberry Pi** est un exemple d'ordinateur qui s'inscrit dans ce courant : utilisant un nombre de composants extrêmement limité, il répond aux besoins de base (traitement bureautique, navigation sur internet), mais n'est pas assez puissant pour les retouches photo ou vidéo, par exemple. Sans aller aussi loin, la marque **Punkt** propose des appareils numériques d'esthétique sobre et de puissance limitée.

Allonger la durée de vie d'un terminal qui n'a pas été conçu pour être réparé peut s'avérer plus compliqué. Toutefois, le système d'exploitation libre **Linux** est souvent recommandé par les acteurs low-tech pour le reconditionnement d'ordinateurs vieillissants. Linux est un système d'exploitation au code source ouvert, très répandu parmi les acteurs des low-tech, en partie parce qu'il nécessite moins de puissance pour fonctionner. **Emmabuntüs** est par exemple une distribution GNU/Linux qui a pour but de simplifier le reconditionnement des ordinateurs usagés.

S'il existe des **labels environnementaux**, tels que le label américain EPEAT, qui mesurent l'efficacité et la durabilité des produits au travers de différents critères (choix des composants, économie d'énergie, écoconception, recyclage), ils ne se revendiquent pas low-tech.

▪ Enjeux associés et effets attendus

Les effets attendus sont similaires à ceux de la thématique 1 concernant la réduction du nombre de terminaux, et incluent donc la génération de déchets électriques et électroniques. De plus, faciliter la réparabilité des terminaux peut encourager la diffusion de compétences techniques dans une population. Le partage en *open source* des plans de construction et de réparation des terminaux est un levier puissant et favorisé pour y parvenir.

L'un des enjeux majeurs semble toutefois être de rendre acceptables et désirables des terminaux dont les fonctionnalités ont été limitées. Concernant les systèmes d'exploitation, il existe un effet de verrouillage qui rend compliqué le passage d'un système type iOS ou Windows à un autre système comme Linux. En effet, Linux n'est pas compatible avec de nombreuses solutions informatiques utilisées au quotidien dans la vie privée et/ou professionnelle.

De plus, il existe au sein de l'écosystème low-tech un débat concernant la possibilité de faire du numérique low-tech. Ce débat est sémantique : la plupart des acteurs s'accordent à dire que les démarches mentionnées ci-dessus vont *dans le bon sens*, mais certains considèrent que les caractériser comme low-tech serait inadapté.

▪ Réglementation

Depuis le 1^{er} janvier 2021, l'**indice de réparabilité** prévu par la **loi anti-gaspillage pour une économie circulaire (AGEC)** vise à informer les consommateurs du caractère plus ou moins réparable de certains produits électriques et électroniques. La réglementation concerne dans

¹ Par exemple, la fabrication d'un ordinateur génère 103 kg de CO₂ sur les 156 kg émis sur l'ensemble du cycle de vie, soit près de 66% de l'impact total (ADEME, 2021).

un premier temps les lave-linge, les téléviseurs, les smartphones, les ordinateurs portables et les tondeuses à gazon ; progressivement, d'autres catégories de produits seront concernées.

Les téléphones, ordinateurs, écrans, tablettes et services numériques sont également concernés par l'expérimentation d'un affichage environnemental, coordonnée par l'ADEME. À terme, une note établie sur le modèle du Nutriscore devrait être apposée sur ces produits.

Par ailleurs, afin de lutter contre l'obsolescence programmée, la **loi de transition énergétique pour la croissance verte** reconnaît depuis 2015 l'obsolescence programmée comme un délit. La loi Chaize contient plusieurs propositions cherchant à renforcer le contrôle de l'obsolescence programmée dans le numérique pour le rendre plus opérationnel.

Afin de répondre aux enjeux sanitaires et environnementaux liés aux déchets électroniques, la gestion du traitement des équipements est réglementée. Au niveau européen, la **directive RoHS²** vise à limiter l'utilisation de substances dangereuses dans les équipements électroniques. Au niveau national, le principe de **responsabilité élargie du producteur** impose aux producteurs de supporter le coût de la collecte et du traitement des déchets générés.

Thématique 3 : diminuer l'impact du réseau internet

D'après The Shift Project, la consommation d'énergie finale du numérique dans le monde augmente de 6,2 % par an (The Shift Project, 2018). L'accès à l'information par internet et l'hébergement de logiciels en ligne sont à l'origine de l'accroissement des besoins énergétiques des terminaux. Les low-tech peuvent servir à diminuer ces consommations en simplifiant le fonctionnement du système.

▪ **Techniques et acteurs emblématiques**

Le contenu des sites internet consomme de plus en plus de ressources, notamment en raison du poids des pages, qui ne cesse d'augmenter. Ainsi, le poids moyen d'une page web a pratiquement quadruplé en 8 ans (De Decker, Comment créer un site web basse technologie, 2018). Pour **réduire la consommation d'énergie des sites internet**, les acteurs low-tech ont mis en place des techniques de conception de sites légers.

C'est le cas par exemple du **Low-tech Magazine** qui, pour alléger son site, a réduit le nombre et le poids de ses images, applique une police par défaut, n'intègre pas de logo, ni de vidéo, ou encore n'utilise pas de publicité ni de cookies. Dans la même lignée, le site du **Low-tech Lab** a été conçu de manière à être plus sobre et facilement accessible par les utilisateurs, quelle que soit la qualité de leur réseau. De plus, tous deux ont fait le choix d'un **site statique** n'ayant pas besoin d'être généré à chaque visite. Les sites statiques ont également l'avantage de demander moins de compétences de pointe pour les créer que les sites dynamiques.

Il existe de plus en plus de cabinets de conseil ou de collectifs qui proposent l'écoconception de services numériques, tels que **APL-expert en data centers**, ou encore **Green IT**, qui publie régulièrement des guides de bonnes pratiques du numérique responsable. D'autres proposent spécifiquement de créer des sites *low-tech*. On peut par exemple citer l'Agence Everest qui crée des **nanosites low-tech**.

Par ailleurs, la multiplication des centres de données (« *datacentres* »), qui hébergent les sites web et stockent nos informations, nécessite des apports énergétiques très importants (fonctionnement et refroidissement des serveurs). Afin de limiter l'empreinte carbone liée à ces consommations, il est possible de faire fonctionner les serveurs avec de **l'énergie renouvelable**. Par exemple, le Low-tech Magazine a fait le choix d'un serveur fonctionnant à 100 % à l'énergie solaire. Cela implique que **le site ne soit pas forcément disponible en continu** : son accès dépend de l'ensoleillement et de l'alternance jour/nuit.

La consommation énergétique des centres de données provient également en grande partie du **système de refroidissement des équipements** (40 % de la consommation totale (EcoInfo, 2019)). Il fonctionne traditionnellement grâce à l'utilisation d'une pompe à chaleur (climatiseur, machine frigorifique, etc.) gourmande en énergie et pouvant contenir des substances nocives pour l'environnement. La solution low-tech pour refroidir les centres de données pourrait alors être celle d'utiliser la méthode du « **free cooling** », qui consiste à capter des sources de refroidissement naturelles (air extérieur froid, sources d'eau froide).

Pour faire le choix d'un hébergement écoresponsable, il existe différents indicateurs auxquels se rapporter. Par exemple, l'indicateur d'efficacité énergétique (**PUE, power usage effectiveness**) permet de mesurer le ratio entre l'énergie totale consommée par le centre de données et l'énergie effectivement consommée par ses seuls équipements informatiques (serveurs). Ainsi, la valeur idéale du PUE est proche de 1, le PUE étant toujours supérieur ou égal à 1.

Enfin, les acteurs des low-tech proposent de **limiter le nombre de réseaux physiques qui se recoupent**. Par exemple, une technique mentionnée par le Low-Tech Magazine serait de partager les routeurs Wi-Fi dans les zones densément peuplées pour ne plus dépendre d'un réseau 4G consommant près de 20 fois plus d'énergie que la Wi-Fi (De Decker, The 4G Mobile Internet That's Already There). Pour les zones faiblement peuplées, il serait également possible de favoriser la Wi-Fi longue distance : plusieurs réseaux Wi-Fi de ce type

²RoHS: Restriction of hazardous substances in electrical and electronic equipment

existent, par exemple Akshaya en Inde. Pour Philippe Bihouix, il s'agit également de privilégier les réseaux capillaires avec accès filaire (Bihouix, 2014).

Les réseaux locaux, réseaux informatiques sur des espaces restreints dans lesquels les terminaux qui y participent s'envoient des données sans utiliser un accès à internet, sont également un moyen de diminuer les impacts environnementaux, tout en accroissant les aspects de résilience et de communautés locales. Certaines villes aux Etats-Unis, comme Detroit, expérimentent de tels projets de construction de réseaux locaux, principalement pour pallier les problèmes de fracture numérique.

Les acteurs des low-tech envisagent également régulièrement des réseaux dont la connexion serait intermittente. Pour cela, il existe des **réseaux tolérants aux délais** (*delay-tolerant networking* ou **DTN**). Ainsi, il est possible d'utiliser des lignes de bus rurales pour obtenir une liaison internet. Par exemple, le système **KioskNet**, développé à l'université de Waterloo, utilise les bus pour transporter des données dans les villages isolés. Une exigence de ce type de réseaux est toutefois d'utiliser des logiciels adaptés aux réseaux asynchrones.

La diminution de l'impact du réseau internet est aussi dépendante des **pratiques des usagers finaux**. Ainsi, même si l'écosystème low-tech est dépendant des grands acteurs du numérique (type « GAFAM ») plusieurs initiatives cherchent à développer des **outils numériques de la transition**. Ces initiatives reposent notamment sur une démarche de recherche et développement collaborative telle que menée par Github ou l'Assemblée Virtuelle. L'objectif est de développer des outils pertinents, efficaces, sobres, décentralisés et appropriables par leurs utilisateurs. Il est également possible d'influer sur la manière dont les usagers gèrent leurs **données**. De ce point de vue, la formation des usagers aux enjeux environnementaux relatifs au **stockage des données** s'inscrit dans une démarche low-tech en limitant la quantité de données gérées par le réseau.

▪ Enjeux associés et effets attendus

Avec la démocratisation des smartphones, des ordinateurs portables et de la Wi-Fi, nous passons de plus en plus de temps en ligne. Les terminaux connectés sont **constamment reliés aux réseaux** et de moins en moins d'activités sont accessibles hors ligne. Toutes ces connexions nécessitent une importante consommation d'énergie, qui pourrait être réduite grâce à l'utilisation des low-tech.

Par ailleurs, les **effets sur la santé** de l'utilisation intensive du téléphone et de l'exposition aux ondes Wi-Fi font l'objet de recherches. Par exemple, le Centre international de recherche sur le cancer (CIRC) a classé les champs électromagnétiques en « cancérogènes possibles ».

Enfin, l'utilisation des solutions low-tech dans les régions isolées, notamment dans les pays en développement, peut répondre aux problématiques de **fracture numérique**.

▪ Réglementation

Depuis le 1^{er} juillet 2020, les fabricants d'équipements radioélectriques susceptibles d'être utilisés à proximité du corps doivent respecter l'**obligation d'affichage du DAS** (débit d'absorption spécifique) de ces appareils. Obligation jusque-là limitée aux seuls appareils de téléphonie mobile, elle s'étend désormais aux tablettes, PC, montres connectées... Plus l'indice est élevé (valeur limite de 2 W/kg), plus l'utilisateur est exposé à l'énergie magnétique dégagée.

Il n'y a pas de réglementation de la taille d'un site internet, ni de son accessibilité dans les zones de faible réseau. Toutefois, la loi Chaize introduit une obligation d'écoconception des sites web et services en ligne publics et des grandes entreprises. La taille des entreprises concernées est encore à spécifier. L'ensemble des sites internet doit également respecter des obligations d'accessibilité numérique pour les personnes en situation de handicap.

Pour aller plus loin :

Voir les articles du Low-tech Magazine :

- *Comment créer un Internet low-tech* <https://solar.lowtechmagazine.com/fr/2015/10/how-to-build-a-low-tech-internet.html>
- *Comment créer un site web basse technologie* <https://solar.lowtechmagazine.com/fr/2018/09/how-to-build-a-lowtech-website.html>
- *Comment et pourquoi j'ai arrêté d'acheter de nouveaux ordinateurs portables* <https://solar.lowtechmagazine.com/fr/2020/12/how-and-why-i-stopped-buying-new-laptops.html>

ÉTAT DES LIEUX ET PERSPECTIVES DES LOW-TECH

ANALYSE DU SECTEUR OBJETS DU QUOTIDIEN

SYNTHÈSE

Les principes centraux des low-tech impliquent une remise en question profonde de la place occupée par la technologie, non seulement dans les systèmes de production économiques, mais aussi dans le quotidien des citoyens et citoyennes. Les objets du quotidien ont en effet été massivement investis par les acteurs des low-tech. Toutefois, pour éviter une redondance avec les autres fiches de cette série, nous avons limité le champ de cette fiche à celui des loisirs, de l'habillement et de l'électroménager.

▪ Enjeux des low-tech

Le secteur des objets du quotidien, plus que les autres secteurs, entraîne un questionnement concernant ce que pourrait être un *futur désirable*. C'est ici que s'exprime le plus clairement la vision prospective d'un futur low-tech, qui s'oppose à un futur hyperconnecté, dans lequel les *green tech* seraient généralisées.

Au cœur de cette réflexion se situe tout particulièrement la question du rapport au temps — nécessaire pour jardiner, cuisiner, construire ou réparer soi-même. L'idée que les low-tech ne pourraient se déployer à grande échelle sans une réallocation du temps disponible pour ces activités, c'est-à-dire une baisse du temps de travail salarié, semble largement acceptée.

▪ Freins à la mise en œuvre et facteurs de succès

Le premier frein à la substitution d'objets connectés à leur homologues low-tech est l'**acceptabilité sociale**, elle-même liée à la perte de confort qu'un tel changement engendrerait. Le développement de solutions technologiques a jusqu'à présent été abordé comme une source de **progrès social**, permettant un gain de confort et de temps aux usagers.

Le **temps** supplémentaire nécessaire à certaines solutions low-tech, ainsi que la pénibilité de certaines tâches quotidiennes en raison de leur *désautomatisation* (comme la lessive par exemple) pose question et peut rendre cette substitution peu attractive.

L'adoption des low-tech dans les objets du quotidien est celle qui semble à première vue rencontrer le moins d'obstacles **réglementaires**, étant donné qu'elle concerne en premier lieu les ménages. Cependant, l'obstacle réglementaire peut se poser dans certains cas, dès lors que l'on évalue le déploiement de ces objets dans le milieu professionnel, notamment pour le textile.

Thématique 1 : l'électroménager

En France, chaque foyer possède une centaine d'appareils électriques, dont dix-sept sont des appareils ménagers (Ipsos, 2016). Symboles de la société de consommation, ces petits appareils peuvent être revisités afin d'imaginer des alternatives utilisant moins de ressources, plus facilement réparables et nécessitant moins d'énergie.

▪ Techniques et acteurs emblématiques



Drumi, une machine à laver à pédales

Une démarche low-tech est portée par un questionnement des besoins des usagers, qui se traduirait par **une limitation de leurs équipements au maximum** dans le domaine de l'électroménager. On peut citer l'exemple de robots de cuisine connectés qui ont fait leur apparition sur le marché, et qui remplaceraient l'intégralité d'une batterie de cuisine non automatisée (poêles, couteaux, hachoirs, etc.) ; toutefois cet exemple n'aurait pas nécessairement sa place dans un secteur électroménager low-tech. L'électroménager low-tech est fréquemment **manuel** afin de limiter la consommation d'énergie : presse citron, râpes manuelles, épluchés légumes etc. Il existe par exemple **des machines à laver à pédales** ou des **pédaliers permettant d'actionner un mixeur ou un blender**.

Le Low-tech Lab propose sur son site des tutoriels pour apprendre à les fabriquer soi-même.

La **réparabilité** de l'électroménager est également clé pour assurer son aspect low-tech. D'après le site *indicereparabilite.fr*, seuls 40 % des appareils électriques et électroniques en panne sont réparés. Pour y remédier, Julien Phedyaeff et Christopher Santerre, deux designers, ont cherché à mettre sur le marché une machine à laver nommée « **L'Increvable** », dont la réparabilité devait être assurée par l'accès facile à ses composants et un service en ligne. L'idée était également d'en faire une machine à laver durable, en allongeant sa durée de vie pour qu'elle atteigne 50 ans. Si la machine à laver n'était pas conçue pour être low-tech, sa longue durabilité et la possibilité de la réparer ont suffi à ce qu'elle soit qualifiée de low-tech par les acteurs de l'écosystème. Toutefois, faute de capitaux privés et de partenaire industriel, le prototype n'a pas été mis sur le marché. Il est également possible de citer l'initiative de SEB, qui s'est engagé à ce que le petit électroménager mis en vente soit réparable pendant 10 ans.

En l'absence d'électroménager low-tech, des initiatives tels que les **ressourceries ou repair cafés** participent à allonger la durée de vie des appareils conventionnels en les réparant soi-même ou avec l'aide de quelqu'un. Une autre manière de favoriser l'autoréparation d'électroménager pourrait également être d'intégrer les plans de l'objet au sein de ce dernier. L'acquisition de compétences **d'entretien des objets et de réparation** est centrale à la démarche low-tech car elle **limite le remplacement des équipements** et allonge leur durée de vie.

Enfin, certains prototypes cherchent à favoriser les matières naturelles et abondantes. C'est notamment le cas du robot de cuisine **Pino**, inventé par Manuel Immler dans le cadre de ses études, dont la structure est faite en bois.

Il semble exister peu d'entreprises vendant de l'électroménager low-tech et la plupart des techniques présentées dans ce document sont encore à l'état de prototype. En France, **Robocoop** est une initiative d'électroménager durable qui a émergé fin 2019 et qui s'est donné pour objectif de relancer l'idée de l'Increvable en l'appliquant à **l'économie de la fonctionnalité** en proposant un service de location de l'électroménager avec un service de réparation, pièces détachées au lieu de vente. Le projet n'était pas low-tech par essence ; c'est l'un des membres qui a intégré cette dimension, afin de faire éclore les low-tech dans l'électroménager. Plusieurs sous-projets low-tech sont aujourd'hui à l'étude : créer une mutuelle de réparations, animer des ateliers de conception d'électroménager low-tech, pour créer une vraie culture technique, et louer des appareils de seconde main, en passant notamment par des acteurs comme Kippit.

En effet, **beaucoup d'appareils électroménagers n'ont pas encore vu arriver leur équivalent low-tech**. Par exemple, nos recherches n'ont trouvé aucune alternative low-tech au lave-vaisselle — si ce n'est la vaisselle à la main.

Une autre option pour réduire les impacts environnementaux de l'électroménager est de recourir à **l'économie du partage** et à la **mutualisation** des appareils électroménagers. En Suède par exemple, les laveries collectives sont bien implantées dans la société. Gratuites, réservables à l'avance et situées au sous-sol des immeubles d'habitation, elles permettent de réduire considérablement le nombre de laveries individuelles et les impacts sous-jacents.

▪ Enjeux associés et effets attendus

L'enjeu principal de l'électroménager low-tech semble être la mise sur le marché de **produits réparables et durables**. Les modèles économiques semblent être encore à inventer.

Pour autant, la généralisation d'alternatives low-tech pour l'électroménager permettrait de faire baisser la pression sur des matières premières rares et dont l'extraction peut être polluante, ainsi que diminuer la consommation d'énergie. L'utilisation raisonnée de composants électroniques et la concentration de la **conception du produit autour de son utilité première** promeuvent aussi une certaine sobriété dans la consommation et l'usage. Une approche low-tech consiste également à limiter au maximum l'utilisation de ressources

naturelles dans la fabrication des équipements en réutilisant des pièces ou matériau de fabrication et en cherchant à limiter la consommation énergétiques des équipements lors de la phase d'utilisation.

Il est important de noter que pour pouvoir réparer son électroménager, il est nécessaire d'avoir un certain niveau de compétences techniques et du temps disponible. Les enjeux de transmission des compétences techniques et de disponibilité sont donc régulièrement mentionnés par les acteurs des low-tech. Murphy est une jeune PME qui répond à cette problématique en proposant à la fois des tutoriels de réparation en ligne, pour identifier la panne de son appareil et la réparer soi-même, ou faire appel à un service de réparation à domicile assuré par des réparateurs professionnels. L'entreprise s'inscrit réellement dans une logique de transfert de compétences et de **développement d'une culture technique partagée**. En effet, l'idée est de bâtir une vraie communauté de techniciens électroménagers : en suivant une formation d'une durée de six mois à l'académie Murphy, il est possible de devenir réparateur professionnel et ensuite d'être embauché par l'entreprise.

La problématique de l'égalité des genres est également à considérer dans le cadre du déploiement de l'électroménager low-tech. En effet, ces produits de consommation ont constitué un levier, voire un symbole, d'émancipation sociale pour les femmes, bien que celles-ci endossent encore la majorité du travail domestique (Insee, 2015). Dès lors, le choix de solutions manuelles qui demandent plus de temps et rendent le travail domestique plus pénible pourrait toucher plus fortement les femmes étant donné le partage inégal des tâches au sein du foyer.

▪ Réglementation

La loi AGECE a introduit l'indice de réparabilité pour les lave-linges à hublot. Les autres appareils électroménagers ne sont pour le moment pas concernés.

La loi AGECE impose cependant une information plus transparente pour les consommateurs dans le cadre d'achats de produits électriques et électroniques. Cette information couvre notamment la **disponibilité de pièces détachées**. Les produits électroniques sont également concernés par plusieurs dispositifs d'affichage environnemental, qui pourraient permettre à des produits électroménagers low-tech d'être mis en valeur sur le marché. **L'étiquetage énergétique**, rendu obligatoire par plusieurs règlements européens, permettrait ainsi de souligner la faible quantité d'électricité utilisée par les produits low-tech annuellement. **L'affichage environnemental**, introduit par la LTECV dans son article 90, a pour objectif de permettre aux consommateurs de disposer d'une information de qualité permettant de comparer l'impact environnemental de plusieurs produits au moment de l'achat. L'affichage environnemental est intégré dans la feuille de route pour l'économie circulaire (2018) comme un levier pour inciter à l'écoconception. La feuille de route a prévu cet affichage dans 5 secteurs pilotes : ameublement, textiles, hôtels, produits électroniques et produits alimentaires. Il est pour le moment effectué à titre volontaire, et un pré-déploiement expérimental est en cours pour harmoniser les méthodes de mesures d'impact au niveau sectoriel. Les informations trouvées à ce stade¹ concernant le périmètre de mesure laissent à penser que des produits électroménagers low-tech pourraient se différencier grâce à cet affichage, en raison de leur plus faible impact environnemental (émissions de GES, épuisement des ressources naturelles...) par rapport au reste du secteur. La généralisation de cet affichage à l'ensemble des équipements électroménagers pourrait éventuellement avantager les low-tech et encourager leur adoption.

Le Code de la consommation fixe la durée de **garantie légale** des produits électroménagers à deux ans, et à six mois dans le cas d'un achat d'occasion. La loi AGECE a cherché à encourager la réparation : à partir du 1^{er} janvier 2022, un produit sous garantie faisant l'objet d'une réparation bénéficiera d'une prolongation de sa garantie de six mois supplémentaires.

Thématique 2 : le textile

L'industrie textile est l'une des industries les plus polluantes au monde (ADEME, 2018). Ses impacts sont multiples : gaz à effet de serre, consommation d'eau, production de déchets, dont des microplastiques, utilisations de produits chimiques pouvant être toxiques... Des techniques low-tech de production des textiles cherchent à en atténuer les effets.

▪ Techniques et acteurs emblématiques

Si la première étape d'une démarche low-tech dans le textile est de réduire la production — grâce à une baisse de la consommation ou à **l'achat de textiles de seconde main** afin de favoriser le réemploi —, il existe des techniques low-tech permettant de diminuer l'impact des textiles restants.

Une démarche low-tech commence par favoriser les matières premières naturelles et abondantes localement. Il existe une grande variété de plantes dont il est possible d'extraire de la fibre (chanvre, coton, bambou, etc.). La France bénéficie d'une abondance de **lin**, dont elle

¹L'expérimentation menée par le groupe Fnac Darty avec l'ADEME porte sur les téléviseurs, tablettes, PC et smartphones mais laisse à penser que des indicateurs similaires seraient retenus pour les équipements électroménagers (Fnac Darty ; Greenflex, 2019).

est le premier producteur mondial. D'autres matières abondantes en Europe commencent à être utilisées pour produire des textiles : l'**ortie** est promue par l'**association Ortissage**, tandis que **des cuirs végétaux à base de mycélium ou de marc de raisin** permettent de valoriser des déchets organiques et de produire des vêtements biodégradables. Il n'y a, à notre connaissance, pas d'initiative low-tech abordant la question des matières animales comme la soie ou la laine.

L'industrie textile s'est tournée vers le recyclage pour y trouver une manne de matières premières assez importante. Les bâches, en particulier, peuvent être réutilisées pour produire des textiles étanches. Par exemple, la marque allemande **FREITAG** produit des sacs à partir de bâches de camion.

Au-delà de la question des matières premières se pose également celle des **techniques utilisées** dans le cadre d'une industrie textile low-tech. Une fois la fibre extraite, elle doit en effet subir de multiples traitements jusqu'à atteindre son état final : filage, tissage, teinture et assemblage constituent tout un corpus de techniques et savoirs anciens à revisiter pour les incorporer dans l'industrie textile moderne (rouet, métier à tisser, etc.). Certaines techniques se basent sur les ressources naturelles pour en effectuer une exploitation raisonnée, comme les **teintures végétales**. Il existe en effet une multitude de végétaux dont il est possible d'extraire la couleur pour teindre les tissus : pelures d'oignons, pétales de pissenlits, ou encore rhubarbe. Certaines teintures végétales sont utilisées depuis longtemps dans l'industrie textile, comme l'**indigo**. Cependant, ce choix de techniques nécessitera un **ajustement des attentes des consommateurs** vis-à-vis des couleurs disponibles, qu'a souligné Philippe Bihouix dans son livre *L'âge des low-tech*. En effet, la palette de couleurs des teintures végétales est plus limitée que celle des teintures conventionnelles. Par exemple, il n'est, à notre connaissance, pas possible de réaliser une teinture fluorescente avec des teintures végétales.

Enfin, une démarche low-tech cherche à maximiser la durée de vie d'un vêtement grâce à la réparation, au reprintsage, mais aussi à l'*upcycling*². Par exemple, le **Boro**, pratique japonaise consistant à rapiécer un vêtement et résultant en un effet *patchwork*, a récemment été réinvestie par le milieu de la mode. L'Institut Paris Région, dans son récit prospectif d'une vie low-tech en 2040, considère également que de telles pratiques doivent aller de pair avec l'acquisition de **compétences de couture par une grande partie de la population** ou par des magasins de vêtements qui « prêtent, louent, réparent, apprennent à coudre » (Institut Paris Région, 2021). L'agence de design *Où sont les dragons* considère également que les vêtements pourraient être produits de manière standardisée, au niveau des tailles notamment, puis adaptés dans les magasins de proximité à l'utilisateur final, dans une logique de demi-mesure mobilisant des artisans, tailleurs et couturiers locaux. Une limite de ces schémas de production est le temps d'attente supplémentaire pour les usagers par rapport aux chaînes d'approvisionnement de prêt-à-porter classique.

▪ Enjeux associés et effets attendus

Utiliser plus de matières naturelles pour produire les textiles permettrait de limiter la pression sur des matières premières non renouvelables — 70 % des fibres textiles synthétiques sont produites à partir de pétrole, et leur production a à présent dépassé, en volume, la production de textiles naturels —, ainsi que la production de déchets, notamment de microplastiques.

Favoriser les teintures végétales permettrait de limiter l'usage des produits chimiques, fréquemment présents dans les teintures synthétiques.

Enfin, la généralisation de pratiques allongeant la vie des vêtements permettrait de diminuer l'ensemble des impacts de la production textile, ainsi que de faire gagner en **pouvoir d'achat**. Le recours à des techniques nécessitant plus de main-d'œuvre et la revitalisation de certains métiers délaissés, comme ceux de couturier ou de tailleur, pourrait être une source de création d'emplois. On peut également anticiper une revalorisation de l'**artisanat** dans une perspective de changement des habitudes de consommation ; les individus investiraient davantage dans des pièces ayant une plus longue durée de vie. L'alliage entre des pièces plus robustes et de seconde main et d'autres acquisitions plus onéreuses permettrait de répondre en partie à l'enjeu d'accessibilité économique.

L'enjeu principal est toutefois l'évolution du secteur de la mode, fréquemment sujet à ce qui peut être appelé « l'**obsolescence esthétique** ». En effet, les acteurs de la *fast fashion*, qui ont fondé leur modèle économique sur un consumérisme où les vêtements sont envisagés comme un bien de consommation presque jetable, ont créé un besoin d'achat plus intense auprès des consommateurs. Ces acteurs de l'industrie textile se sont notamment appuyés sur une rotation plus importante de leurs collections — leur nombre ayant en moyenne doublé en Europe (Mac Kinsey Global Institute, 2016) — pour créer un besoin de renouveau à assouvir. Ainsi, en 2014, les Européens consommaient en moyenne, par rapport à l'année 2000, 60 % de vêtements en plus (Mac Kinsey Global Institute, 2016), et les conservaient pour une durée réduite de moitié (Greenpeace, 2016).

▪ Réglementation

²L'*upcycling*, ou surcyclage en Français, consiste à réutiliser des matériaux ou objets pour un usage à forte valeur ajoutée. C'est une forme de recyclage « par le haut ».

Les textiles sont concernés par le principe de **responsabilité élargie du producteur**. La loi AGEC interdit également de détruire **les invendus textiles à partir de 2022**. L’affichage environnemental, introduit par la LTECV dans son article 90 concerne également le textile (voir la thématique précédente). Les informations trouvées à ce stade³ concernant le périmètre de mesure laissent à penser que des textiles low-tech pourraient se différencier grâce à cet affichage, en raison de leur plus faible impact environnemental (émissions de GES, eutrophisation et consommation d’eau) par rapport au reste du secteur.

Les restrictions concernant les produits utilisés pour fabriquer des vêtements ou les teindre sont définies au niveau européen. La plupart des **produits interdits le sont pour des raisons sanitaires**, mais également environnementales.

Une contrainte **réglementaire** à la généralisation des textiles low-tech peut cependant s’appliquer dans le **milieu professionnel**. En effet, les entreprises et établissements recevant du public peuvent être contraints de respecter certaines normes vis-à-vis des textiles employés. Ces contraintes s’appliquent principalement aux **textiles d’ameublement**, comme les textiles ignifugés. De même, les textiles et vêtements utilisés dans le cadre professionnel, dont les **équipements de protection individuelle**, qui garantissent la sécurité des employés, doivent respecter certaines normes qui pourraient s’avérer difficiles à satisfaire par une production low-tech. Un exemple parlant est celui des gilets jaunes fluorescents et réfléchissants. Ces équipements pourraient constituer des exceptions, dans une logique de complémentarité entre low- et high-tech.

Thématique 3 : les loisirs

Les acteurs des low-tech mènent une réflexion sur les ressources, les infrastructures et la technologie nécessaires pour pouvoir exercer ses loisirs ; un loisir peut exiger plus d’éléments matériels ou utiliser plus d’espace qu’un autre. Ainsi, ils proposent de favoriser les loisirs les plus sobres.

▪ Techniques et acteurs emblématiques

Pour Philippe Bihouix, les loisirs low-tech sont ceux utilisant le moins de ressources et d’espace. Ces loisirs sont en général ceux pour lesquels les **êtres humains sont actifs**. Ainsi, assister à une pièce de théâtre est plus low-tech que regarder un film, chanter est plus low-tech qu’écouter de la musique enregistrée, pratiquer un sport est plus low-tech que d’assister à de grands événements sportifs, etc.

De la même manière, **un sport peut être plus ou moins low-tech selon l’équipement nécessaire et selon l’espace utilisé pour le pratiquer**. Par exemple, la randonnée ne nécessite qu’une paire de chaussures adaptée et l’aménagement d’un sentier — qui peut servir pour d’autres usages —, tandis que le golf réclame plusieurs hectares de terre irriguée et immobilisée pour cet usage. Il existe également une réflexion pour rendre le matériel de sport plus low-tech. Ainsi, Décathlon a mené des recherches pour produire un réchaud low-tech et a intégré la notion de low-tech dans sa palette d’outils pour l’éco-conception. Toutefois, certains acteurs des low-tech pointent le fait qu’au-delà du matériel ou de l’objet, il convient de veiller à son usage ou à sa finalité pour être cohérent avec la démarche low-tech sous-jacente poursuivie.

Quant aux jeux — au-delà de la mise en avant de jeux en matières naturelles telles que le bois —, l’accent est mis sur **la propension à les accumuler**, en particulier les jeux pour enfants une fois qu’ils ont grandi. **L’économie du partage et la mutualisation** pourrait permettre de répondre à cette problématique et de *désengorger les greniers*. Il existe de nombreuses entreprises qui offrent des jeux à la location, telles que **divertyloc**, qui propose des jeux en bois de récupération à louer. **Les ludothèques et les bibliothèques** contribuent également à promouvoir l’économie de la fonctionnalité dans ce domaine.

Il est intéressant de noter que le secteur de la culture s’est particulièrement emparé du sujet des low-tech, que ce soit pour en appliquer les principes ou pour en promouvoir la démarche. Ainsi, La Villette, à Paris, a organisé une exposition **100 % low-tech** pour encourager à « une réflexion systémique sur de nouvelles manières de vivre et de faire ». **L’atelier InSitu** revendique une démarche low-tech de construction de décors scénographiques, en particulier en promouvant le réemploi. L’intérêt des acteurs de ce secteur reflète les **imaginaires low-tech à construire**. En effet, le monde de la high-tech est parvenu à investir le milieu culturel, en constituant par la même occasion tout un imaginaire collectif puissant. Les acteurs du monde culturel intéressés par les low-tech semblent souhaiter faire de même.

Certains domaines comme la musique électronique, la photographie ou les jeux vidéo paraissent très éloignés des réflexions low-tech de prime abord. Toutefois, des initiatives telles que les **Solar Sound Systems** — des systèmes de sons alimentés entre autres par des vélos générateurs — commencent à émerger. Paléoénergétique/Atelier 21/RegenBox est à l’origine de ce projet, structuré autour d’un double objectif : faire vivre des expériences énergétiques et financer les autres projets de la structure grâce à ces fêtes. Dans le domaine de la

³ L’expérimentation menée par le groupe OKAÏDI-OBAÏDI sur le secteur de l’habillement a permis de définir des critères sectoriels pertinents (OKAÏDI-OBAÏDI, 2019).

photographie, les low-tech ne sont pour le moment qu'associées aux appareils photo vintage. Les jeux vidéo pourraient également être façonnés selon les principes du numérique low-tech (voir la fiche numérique).

- **Enjeux associés et effets attendus**

L'un des enjeux auxquels les loisirs low-tech permettraient de répondre est notamment celui de **consommation de ressources**. La consommation de ressources et l'impact environnemental associé en partie de l'imbrication de plus en plus étroite entre les secteurs culturel et numérique (jeux vidéo, jeux en réalité virtuelle, consommation de produits culturels en ligne, etc.). Or, le numérique est particulièrement gourmand en matières premières rares et dont l'extraction est polluante. L'Insee note ainsi dans ses tableaux de l'économie française de 2020 que « les accès à la culture se font de plus en plus par l'intermédiaire des écrans connectés » (Insee, 2020) et la majorité des Français accèdent à du contenu culturel par internet.

La notion de loisirs est intrinsèquement liée à celle du **temps**, et en particulier du temps libre. Il est intéressant de noter que les confinements survenus pendant la crise de la Covid ont certes mené à l'augmentation importante du temps passé en ligne, mais ont aussi marqué un regain d'intérêt pour des **loisirs manuels et créatifs, plus proches de la philosophie des low-tech** (dessin, cuisine, couture, etc.).

L'enjeu, pour les pratiques low-tech dans le domaine des loisirs et du divertissement, est d'être associées à un **monde désirable**. La question de la **construction d'imaginaires collectifs low-tech** est à cet égard intéressante, et permettrait d'en diffuser les principes, encore peu connus de la population.

- **Réglementation**

Le cadre réglementaire s'appliquant à la culture pourrait constituer un facteur facilitant la production de contenu culturel low-tech. En effet, le secteur de la culture bénéficie de « l'exception culturelle française », qui protège la création culturelle des règles de libre-échange. La diffusion de productions culturelles low-tech françaises pourrait être facilitée par les quotas s'appliquant à la radio (40 % de chansons francophones conformément à la loi du 1^{er} février 1996), à la télévision (40 % des œuvres diffusées devant avoir été tournées en langue française).

Les pouvoirs publics cherchent également à favoriser l'achat de produits culturels en les rendant plus attractifs grâce à un taux de TVA plus faible.

Pour aller plus loin :

Voir la série : ECOLOWGIE, du Low-tech Lab et Evan de Bretagne <https://lowtechlab.org/fr/actualites-blog/webserie-ecolowgie-7-videos-pour-changer-nos-habitudes>



ÉTAT DES LIEUX ET PERSPECTIVES DES LOW-TECH

ANALYSE DU SECTEUR OUTILS ET MATÉRIAUX

SYNTHÈSE

Les outils et matériaux sont à la base de toutes les productions matérielles et au cœur des procédés industriels. Que ce soit pour produire des objets low-tech ou produire de manière traditionnelle, il est possible de modifier les procédés de fabrication pour les rendre plus low-tech.

- **Enjeux des low-tech**

Le choix des matériaux et des outils a un effet sur l'impact environnemental de tous les produits. Le choix d'un matériau détermine en particulier le mode d'extraction de la matière première, de transformation et la fin de vie de l'objet, tandis que les outils auront un impact principalement par le biais de l'énergie utilisée pour faire fonctionner les outils et des matières premières nécessaires à la fabrication de l'outil.

Alors que la tendance est à l'automatisation, l'écosystème low-tech propose une réflexion sur l'ensemble des procédés de fabrication. En premier lieu, les acteurs low-tech interrogent le besoin qui pousse à la production, puis le procédé de fabrication en lui-même. Ils considèrent ainsi qu'il est intéressant de chercher à utiliser des outils et matériaux low-tech, mais que cela doit être secondaire et venir après la remise en question de l'utilité de ce qui est produit.

Plus que dans d'autres secteurs, cela entraîne également une réflexion sur l'organisation du travail. Les outils et matériaux low-tech réclament des **connaissances** techniques poussées et peuvent faire perdre en productivité.

- **Freins à la mise en œuvre**

Au-delà du **manque de connaissances et de compétences techniques** à ce sujet, aussi bien pour les professionnels que pour les particuliers, certains points de vigilance existent quant à la perspective d'un déploiement généralisé de matériaux et outils low-tech.

Des risques de **sécurité** existent lorsque le matériau ou l'outil n'a pas fait l'objet de suffisamment de tests. Quand bien même le matériau ou l'outil a démontré sa sûreté et son efficacité pour un usage donné, le système **réglementaire et assurantiel** actuel peut être inadapté.

D'un point de vue **économique**, les acteurs peuvent enregistrer une diminution de leur chiffre d'affaires, due à une perte d'efficacité ou de productivité. Cette dernière est liée à l'augmentation du recours au travail humain plutôt qu'à des solutions mécaniques. Ce faisant, les acteurs des low-tech peuvent également avoir besoin d'un délai plus long pour trouver un modèle économique rentable.

Thématique 1 : les outils

Dans le cadre de cette fiche, l'outil est défini comme un objet permettant de réaliser un travail, notamment sur la matière. Les outils organisationnels comme les méthodes de communication ne sont donc pas inclus dans le champ de cette thématique.

▪ Techniques et acteurs emblématiques

Il existe plusieurs manières de rendre les outils low-tech : utiliser une énergie low-tech pour les faire fonctionner, utiliser des matériaux naturels ou peu transformés, utiliser des outils modulables et multiusages et utiliser des outils « conviviaux », c'est-à-dire accessibles.

Alors que de nombreux outils sont devenus électriques, comme la perceuse, ou fonctionnent à l'essence, comme la débroussailleuse thermique, les acteurs de l'écosystème low-tech cherchent à **favoriser les outils manuels**. Par exemple, la **Fabriculture** a mis au point un **broyeur de végétaux manuel**. Pouvant être perçus comme moins pratiques, les outils manuels peuvent pourtant présenter de nombreux avantages. Kris de Decker, du Low-tech Magazine, a ainsi étudié les **outils de forage manuels** tombés en désuétude, tels que la **chignole** et le **vilebrequin**. Il en a conclu qu'ils étaient plus fiables, car utilisables en toutes circonstances (notamment sous la pluie, ou dans une zone sans électricité), et que leur entretien était plus simple, car il suffit de les lubrifier de temps en temps, pour qu'ils durent beaucoup plus longtemps (De Decker, 2020). Si les outils manuels sont généralement privilégiés, il existe également des outils utilisant d'autres sources d'énergie low-tech, telles que l'hydraulique ou l'éolien (voir fiche énergie).

Une autre manière de rendre un outil low-tech serait de favoriser les outils faits en **matériaux naturels ou peu transformés**. Beaucoup d'outils sont en effet fabriqués à partir de métaux dont la production est très énergivore, comme de l'acier, auxquels sont ajoutés des éléments en plastique. Pour autant, les métaux utilisés ont des propriétés physiques permettant aux outils d'être très solides et donc durables. La question des matériaux utilisés pour des outils low-tech n'est donc pas clairement tranchée. Toutefois, les **matériaux de récupération sont systématiquement favorisés**. Par exemple, le Low-tech Lab propose de fabriquer **un poste à souder à partir de matériaux de récupération**.

Les outils low-tech doivent également être réparables, donc accessibles dans leur fonctionnement. **L'Atelier Paysan** partage ainsi des plans d'outils agricoles en *open source* et propose des formations pour apprendre à des agriculteurs à les fabriquer eux-mêmes (voir fiche agriculture). La réparabilité des outils se rapproche de la notion d'**outil convivial** conceptualisée par Ivan Illich et régulièrement utilisée par des acteurs des low-tech. De la même manière, beaucoup d'outils pourraient être partagés, au sein d'une ville, d'un quartier ou d'un immeuble.

Enfin, rendre les outils multiusages pour limiter l'accumulation d'outils est une technique revendiquée par des acteurs des low-tech. L'exemple phare d'outil multiusage est le **pédalier multifonction**, qui d'après le low-tech Lab peut entraîner « un blender, une perceuse à colonne, une machine à coudre ou encore une génératrice d'électricité » (Low-tech Lab, s.d.). Il existe également une réflexion autour de l'économie de la fonctionnalité et de la mutualisation des outils, qui pourraient permettre d'éviter d'accumuler des outils ne servant que quelques instants. La mutualisation se matérialise par exemple au sein des « **Fab Labs** », qui mettent à disposition de leurs adhérents de nombreux outils.

Il est important de signaler que les outils low-tech sont fréquemment inspirés par des outils traditionnels. Des sites comme le Low-tech Magazine ou **Paléoénergétique** recensent et étudient des outils anciens dans le but de créer des archives sur les outils oubliés pouvant redevenir pertinents dans un contexte de transition énergétique et environnementale. Les low-tech encouragent à une réflexion sur la manière dont nous utilisons les outils afin d'en tirer un maximum de bénéfices. Les acteurs des low-tech recommandent notamment de mobiliser des outils anciens (moulins à vents et à eau, utilisation de la chaleur du soleil, utilisation d'énergie manuelle) en combinaison les uns avec les autres afin de faire face à l'intermittence de la production d'énergies renouvelables (Decker, 2017).

▪ Enjeux associés et effets attendus

Les outils low-tech sont principalement pensés pour des usages domestiques ou dans le domaine de l'agriculture avec l'Atelier Paysan. L'un des enjeux est alors d'assurer la sécurité des utilisateurs de l'outils, tout particulièrement lorsqu'ils sont faits soi-même.

La tendance est au contraire à la numérisation et à l'automatisation dans les industries. Les acteurs des low-tech considèrent qu'il serait intéressant de démécaniser certains secteurs, mais que d'autres perdraient trop en efficacité. Par exemple, la Fabrique écologique considère que la production de tissu et de papier aurait trop à perdre à être démécanisée (La Fabrique Ecologique, 2019). Le déploiement d'outils low-tech serait donc prioritaire dans d'autres secteurs que le textile.

Enfin, les techniques low-tech sont elles-mêmes régulièrement dépendantes d'outils qui ne sont pas low-tech pour être appliquées. L'exemple phare de cette situation est le vélo, dont la fabrication est très industrialisée.

Toutefois, les outils low-tech peuvent permettre de limiter le nombre total d'outils en circulation et de prolonger leur durée et vie. Par conséquent, cela diminuerait la consommation de matières premières associée. Leur caractère fréquemment manuel entraînerait également des économies d'énergie.

De plus, la généralisation d'outils low-tech pourrait avoir un impact systémique sur les compétences techniques d'une population. En effet, si les outils low-tech sont généralement plus simples, leur utilisation peut demander plus d'engagement de la part de l'utilisateur — il ne suffit pas d'appuyer sur un bouton pour qu'ils fonctionnent.

- **Réglementation**

Il n'existe pas de réglementation spécifique sur l'impact environnemental des outils. La réglementation concerne principalement la sécurité lors de l'usage de ces outils. Pour cela, des normes européennes établissent des règles concernant l'évaluation des risques liés aux machines, des principes de sécurité généraux, des exigences normatives et les mesures à prendre pour limiter les risques.

Thématique 2 : les matériaux

Les matériaux rassemblent l'ensemble des matières premières. Si les matériaux sont utilisés dans l'ensemble des domaines de production, les plus gros consommateurs de matières premières sont les secteurs de la construction et des infrastructures¹. Les initiatives low-tech concernant les matériaux sont donc naturellement plus nombreuses dans ces secteurs.

- **Techniques et acteurs emblématiques**

Les matériaux low-tech sont généralement biosourcés et biodégradables, peu transformés, abondants localement. Ils peuvent également être des sous-produits ou des matériaux de récupération. Pour faciliter le traitement de ceux qui ne seraient pas biosourcés et biodégradables, la priorité est donnée aux matériaux les moins composites possibles.

Les matériaux biosourcés et biodégradables sont par exemple le bois et la paille utilisés pour la construction ou l'isolation. Ils sont fréquemment associés à des techniques anciennes, mais font également l'objet de recherches pour être utilisés dans de nouvelles situations. Par exemple, des associations comme **Adivbois** rassemblent des professionnels du secteur de la construction autour des **immeubles en bois**. À ce jour, ces prototypes et des chantiers de démonstration sont en cours. D'autres matériaux biosourcés font également l'objet de recherches. Ainsi, le Low-tech Lab met en avant **le mycélium**, qui pourrait être utilisé pour fabriquer des objets ou pour de l'isolation. Certaines techniques comme **l'agromine**, qui consiste en l'extraction de minéraux de sols contaminés ou naturellement riches en métaux via des plantes hyper accumulatrices, permettent de significativement baisser l'impact environnemental de l'approvisionnement en métaux.

Les étapes de la transformation et du traitement de matériaux étant fortement consommatrices d'énergie et de produits chimiques, un matériau low-tech aura tendance à être peu transformé ou traité. Les constructions en **terre crue** ne demandent par exemple presque aucune transformation. Concernant le traitement des matériaux, il n'existe à notre connaissance pas de technique low-tech, autre que celle de ne pas traiter. Par exemple, le Low-tech Lab lors de la construction de sa *tiny house* low-tech a choisi de ne pas traiter le bois utilisé.

Un matériau low-tech est également abondant localement. En France, **les roseaux** sont par exemple des ressources pouvant être utilisées dans la construction, qui proviennent principalement de Camargue, mais pourraient être produites également dans la Brière ou les Vosges (Construction21, 2020). Pour mieux connaître les matériaux pouvant être produits localement, **EnviroBat Midi-Pyrénées a réalisé une étude sur les filières locales** de matériaux bio- et géosourcés dans la région (CeRCAD Midi-Pyrénées, 2015). La **cartographie nationale des ressources locales** est une autre initiative, lancée par la Frugalité heureuse et créative, qui consiste en un outil numérique commun, identifiant tous les matériaux biosourcés, géosourcés ou de réemploi, et les acteurs qui les prescrivent et mettent en œuvre. Son principal avantage est son exhaustivité : la carte recense en effet toutes les initiatives à l'échelle nationale — et non uniquement sur un territoire

¹ Ces secteurs représentent environ la moitié des matières premières consommées en France (République française, 20201)

donné — et dans toutes les filières — elle n'est pas cantonnée à une filière en particulier. À noter que cela n'est **pas nécessairement synonyme de matériaux plus simples** : des matériaux complexes, mais abondamment présents localement, puisque déjà extraits ou transformés, rentrent aussi dans cette catégorie. Le **Plastic Bottle Village** au Venezuela, construit autour du plastique, en est un bon exemple et peut être considéré comme un projet low-tech.

En parallèle, un matériau low-tech peut être issu du réemploi ou de sous-produits d'autres industries. Dans le domaine de la construction, **l'interprofessionnelle de la déconstruction et du réemploi (Idre)** souhaite structurer une filière de la *déconstruction circulaire*. Des sous-produits, notamment de l'industrie alimentaire, peuvent également être utilisés dans le domaine de la construction. Par exemple, les cosses de riz peuvent servir à l'isolation (BatiWeb, 2015).

Lorsque les matériaux ne sont ni biosourcés, ni issus du réemploi, les acteurs des low-tech proposent de produire le moins de matériaux composites possible, car leur recyclage sera alors simplifié.

- **Enjeux associés et effets attendus**

La question des matériaux low-tech s'exprime particulièrement dans le domaine de la construction. Il n'y a pas, à notre connaissance, de réflexion sur les matériaux low-tech utilisés pour la chimie, par exemple. Pourtant, cela pourrait avoir un intérêt, notamment dans le traitement des matériaux. L'utilisation de matériaux low-tech dans des secteurs comme l'emballage ne semble pas faire l'unanimité non plus, notamment à cause des craintes d'un effet rebond dans le secteur.

Les enjeux majeurs de la généralisation de l'utilisation des matériaux low-tech sont de connaître les gisements, avec leur taux de renouvellement, pour ne pas les surexploiter, et de s'assurer que leur exploitation n'entrerait pas en concurrence avec d'autres usages comme la production de nourriture. L'utilisation de matériaux végétaux peut également permettre d'augmenter la capacité de stockage de carbone.

Les filières de ces matériaux n'étant pas toujours structurées, il peut également y avoir un manque de compétences².

Enfin, la réglementation et les questions d'assurance semblent être des freins à leur déploiement.

- **Réglementation**

La définition d'un matériau biosourcé a été tranchée pour le secteur de la construction par l'arrêté du 19 décembre 2012 relatif au contenu et aux conditions d'attribution du label « Bâtiment biosourcé ». Toutefois, la définition n'est pas établie dans le secteur des emballages (Conseil National de l'Emballage, 2019).

L'utilisation de matériaux biosourcés est également encouragée dans le domaine de la construction par la loi n° 2015-992 du 17 août 2015 relative à la transition énergétique pour la croissance verte, article 5 : « l'utilisation des matériaux biosourcés concourt significativement au stockage de carbone atmosphérique et à la préservation des ressources naturelles », « elle est encouragée par les pouvoirs publics lors de la construction ou de la rénovation des bâtiments ». Il est attendu que la mise en place de la RE2020, et donc l'obligation de réaliser des analyses de cycles de vie pour les bâtiments neufs, favorise également les matériaux biosourcés.

Qu'ils soient biosourcés ou non, les nouveaux matériaux utilisés dans la construction doivent faire l'objet d'une normalisation ou avoir obtenu un avis technique pour que le constructeur soit assuré (Construction 21, 2020).

² Par exemple pour la terre crue, dont les techniques sont peu connues des professionnels (Ministère de la Transition écologique, 2021)



ÉTAT DES LIEUX ET PERSPECTIVES DES LOW-TECH

ANALYSE DU SECTEUR HYGIÈNE ET SANTÉ

SYNTHÈSE

Le secteur de l'hygiène et de la santé et les low-tech sont fréquemment vus comme incompatibles : la santé est très technologisée et jugée comme l'un des secteurs dans lesquels cela est particulièrement justifié. Pourtant, les réflexions sur une santé low-tech permettent de penser la santé au-delà du soin et du traitement des maladies, par le biais de la prévention et des médecines douces ou alternatives. Les acteurs de low-tech plaident pour une réflexion autour des pratiques de santé pour en diminuer l'intensité en ressources et technologique. Cependant, les besoins liés à la santé sont des besoins de base par excellence, ce qui confère la priorité au secteur de la santé dans l'utilisation de ressources et d'énergie dans un monde contraint.

▪ Enjeux des low-tech

En France, le secteur de la santé représente environ **5 % des émissions de GES**, dont **46 % sont dus aux achats de médicaments** (The Shift Project, 2021). Les impacts environnementaux du secteur sont multiples : utilisation de ressources pour les machines et médicaments, production de déchets, consommation d'énergie...

Ces impacts sont d'autant plus importants à prendre en compte qu'ils ont des conséquences négatives sur la santé et peuvent augmenter la **vulnérabilité des systèmes de santé**, dépendants de ressources non renouvelables.

Les low-tech proposent ainsi une réflexion dans laquelle la **prévention est la priorité**, afin de pouvoir **maintenir un niveau de soin de qualité**, même en cas de baisse des ressources disponibles. Dans son recueil *Sauve qui peut : demain la santé*, Stuart Calvo se projette dans ce monde de demain fortement **contraint** et compile quinze courtes nouvelles de science-fiction sur le thème de **l'avenir de la santé**. Parmi les sujets centraux de l'ouvrage, on retrouve la marchandisation du soin, la résilience de nos systèmes de santé ou encore leur intensité technologique.

Même si l'imaginaire collectif autour du secteur de la santé évoque en priorité **des interventions recourant intensément aux technologies**, comme les médicaments, les scanners ou encore la chirurgie, il est en réalité **beaucoup plus large** et couvre des pratiques très variées. En effet, le secteur de la santé recoupe également tout le secteur **paramédical**, dont certaines techniques de soins n'impliquent pas nécessairement d'utilisation soutenue des technologies (kinésithérapie, psychologie, etc.).

▪ Freins à la mise en œuvre et facteurs de réussite

Le secteur de l'hygiène et de la santé est très dépendant des nouvelles technologies, et notamment de la chimie. De plus, la santé est un secteur spécialisé et **réglementé** ou **normé** ; il y a donc moins « d'expérimentations citoyennes » low-tech que dans d'autres domaines.

Les low-tech en santé ont donc besoin d'être évaluées et validées scientifiquement pour être déployées. Cela leur permettra également de **gagner en crédibilité** aux yeux du grand public et de se détacher de leur image de soins dégradés ou de mauvaise qualité.

Thématique 1 : Prévenir les problèmes de santé

Il est possible de transposer la logique low-tech sur la réduction des besoins non essentiels au secteur de la santé de la même manière que dans les autres secteurs d'activité. Ainsi, il est possible d'envisager la santé low-tech par le prisme de la prévention, le meilleur moyen d'éviter de consommer des ressources étant d'éviter les problèmes de santé.

▪ Techniques et acteurs emblématiques

L'OMS estimait en 2005 que plus de 60 % des morts dans le monde **et près de 50 % de la charge mondiale de la morbidité seraient liés à des maladies dites de société** : mauvaise alimentation, sédentarité, ou encore consommation de tabac sont parmi les causes principales de ces maux. Ces maladies étant liées à des comportements, elles peuvent en théorie être évitées. Or, s'en prémunir permet — au-delà évidemment du gain social — de supprimer toutes les consommations de ressources qui y sont liées.

La prévention serait donc la première et la principale technique de santé low-tech. Par exemple, le gouvernement cubain est mondialement connu pour avoir obtenu des niveaux de santé équivalents aux pays développés, tout en ayant beaucoup moins de moyens d'investissement dans la santé (Loewenberg, 2016). L'une des explications serait la place prépondérante donnée à la **prévention** par les médecins. En France, les dépenses de prévention représentaient en 2002 seulement 6,4 % des dépenses courantes de santé (Drees ; Irdes, 2006).

Le secteur de la santé est marqué par l'implication croissante des patients dans leur propre parcours de santé, notamment grâce à l'accès à l'information. Les low-tech pourraient s'insérer dans cette dynamique de pédagogie en offrant des **outils appropriables** par les patients pour les impliquer dans leurs parcours de santé et **produire du soin** (dans un parcours de rééducation par exemple). De même, le phénomène du **patient-expert** est intéressant à étudier : il désigne un patient atteint d'une maladie chronique rare qui a développé des connaissances et des compétences précieuses, si bien qu'il est devenu actif, au côté des professionnels de santé, dans le traitement de sa propre maladie, l'accompagnement d'autres patients, voire la formation des soignants de demain. La véritable professionnalisation de ces patients est au cœur de plusieurs enjeux : remise en cause du **paternalisme médical**, relation nouvelle entre le soignant et le soigné, progression de la **démocratie sanitaire**... Enfin, de nombreux outils de **pédagogie** utilisés en médecine préventive pourraient également être produits de manière low-tech : affichage, signalétique, maquettes d'organes, etc.

De nouveaux champs d'étude de la santé, tels que la santé environnementale, pourraient représenter une porte d'entrée pour les low-tech dans le secteur, étant donné que ses modalités d'intervention et outils ne sont pas encore formalisés.

De nombreuses **démarches low-tech peuvent également avoir des cobénéfices sur le plan de la prévention**. Par exemple, les techniques de mobilité les plus low-tech — les mobilités actives — permettent de diminuer la sédentarité et la pollution de l'air. Il en va de même pour la surexposition aux écrans, source de risques accrus sur la santé physique, mentale et le bien-être (Mission interministérielle de lutte contre les drogues et les conduites addictives, 2021).

▪ Enjeux associés et effets attendus

Une approche de la santé par le biais de la prévention permettrait une **amélioration globale de la santé publique** et une **réduction de l'impact environnemental du secteur**. Elle est également conforme au concept de santé tel que défini par l'Organisation mondiale de la santé (OMS), à savoir « un état de complet bien-être physique, mental et social, [qui] ne consiste pas seulement en une absence de maladie ou d'infirmité » (Organisation mondiale de la santé, 2006).

Potentiellement, cela permettrait également de **désengorger les systèmes de santé**.

▪ Réglementation

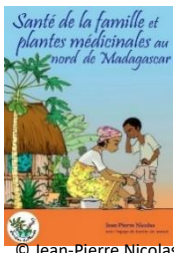
La **loi de modernisation du système de santé de 2016** définit la notion de prévention en y incluant celle de la promotion de la santé. Plusieurs actions de prévention ont été créées par cette loi, telle que l'affichage de l'information nutritionnelle sur les emballages alimentaires.

Les médecins jouent également un rôle de prévention, qui passe principalement par la transmission de campagnes d'information.

Thématique 2 : Réduire le recours du soin à la haute technologie

Corollaire du développement de la prévention, un système de santé low-tech pourrait réduire l'intensité technologique des soins. En particulier, cela pourrait permettre de limiter le besoin en médicaments, qui causent plus de 46% des émissions de GES du secteur de la santé (The Shift Project, 2021), et de développer des soins moins liés à la chimie.

▪ Techniques et acteurs emblématiques



© Jean-Pierre Nicolas

Les médicaments sont généralement des produits de haute technologie, dont les promoteurs des low-tech pensent pouvoir réduire l'utilisation. Le premier moyen résiderait en un **meilleur contrôle de la surmédication** — qui serait à l'origine de près de 6 000 décès par an (Le Monde, 2013) — et de la surprescription. Le conditionnement des produits pharmaceutiques peut également être modifié. Par exemple, il serait possible d'encourager la distribution des médicaments à l'unité, puisqu'il s'agit de produits périssables.

Les spécialistes de la santé low-tech réfléchissent également, lorsque cela est possible, aux possibilités de soin par d'autres techniques, telles que la médecine traditionnelle, la médecine douce ou complémentaire. Ainsi, l'ethnobotaniste Jean-Pierre Nicolas rassemble sur son site internet des données scientifiques concernant l'**usage médicinal des plantes** et les recettes qui y sont associées. Il travaille en lien avec Clarins pour inclure dans leurs produits des plantes produites localement. Le recours aux plantes médicinales pourrait notamment constituer un premier élément de réponse, avant de se tourner vers des solutions médicamenteuses conventionnelles.

▪ Enjeux associés et effets attendus

La baisse de l'usage des médicaments aurait un effet direct sur l'**impact environnemental de la santé**. Toutefois, s'assurer de l'efficacité des techniques alternatives représente un enjeu de taille. Nombre d'entre elles ne **font pas l'objet d'un consensus scientifique** et de nombreux acteurs craignent que les médecines alternatives ne provoquent des renoncements aux soins pouvant entraîner des conséquences très graves. Pour pallier ce risque, l'OMS recense et reconnaît des médecines dites traditionnelles dont l'efficacité est reconnue (voir la Stratégie de l'OMS pour la médecine traditionnelle, pour 2014-2023).

Une autre approche serait de limiter l'impact environnemental des produits pharmaceutiques. Toutefois, le secret des affaires qui entoure leur composition limite la capacité à réaliser des analyses de cycle de vie.

Enfin, les low-tech sont confrontées à de **nombreuses barrières psychologiques et culturelles** dans le domaine de la santé. En effet, ces techniques ne se conforment pas à l'image généralisée des lieux et pratiques de soin, qui renvoient à un imaginaire collectif très aseptisé et utilisant des technologies modernes. Les patients peuvent dès lors avoir une **perception dégradée des soins** prodigués s'ils ne rentrent pas dans ce cadre de référence.

▪ Réglementation

La loi n°2020-105 du 10 février 2020 relative à la lutte contre le gaspillage et à l'économie circulaire (dite « loi AGEC »), prévoit la **vente de médicaments à l'unité** en pharmacie lorsque leur forme le permet et que le pharmacien l'accepte.

Les **pratiques de soins non conventionnelles** sont évaluées lors d'un **programme pluriannuel** financé par la **direction générale de la santé (DGS)**. Non reconnu, l'enseignement de ces pratiques ne permet pas d'obtenir de diplôme national. Par conséquent, il n'habilite pas à l'exercice d'une profession médicale. Le Code de la santé publique prévoit les sanctions en cas d'exercice illégal de la médecine.

Thématique 3 : Élaborer des soins médicaux low-tech

Le monde médical utilise de nombreuses machines, dont une partie pourrait être remplacée par des équivalents low-tech.

▪ Techniques et acteurs emblématiques

Les actes médicaux sont principalement réalisés dans des cadres extrêmement mécanisés : éclairage, ventilation, IRM, scanners... Cela mobilise de nombreuses ressources naturelles et consomme de l'énergie. De plus, les conditions souvent indispensables de **stérilité** imposent de réaliser de nombreux actes médicaux à l'aide d'**outils à usage unique**. L'analyse de l'impact des instruments médicaux permet de faire ressortir l'**internationalisation** importante des filières de production : extraction des matières premières, production, conditionnement et utilisation ont souvent lieu à des endroits bien distincts et éloignés. La mise en place de **filières de production plus locales** pourrait diminuer l'impact environnemental de la santé et relocaliser des emplois.

La crise de la Covid-19 a été un terrain d'émergence de solutions low-tech s'appuyant sur des capacités de production très locales, en utilisant des matériaux abondants, notamment issus du réemploi. Le projet Makair, lancé en réaction à la crise sanitaire, vise à produire des respirateurs dans une optique de production *open source*, rapide, et comme une alternative directe aux respirateurs traditionnels. Ce respirateur simplifie la mécanique traditionnellement utilisée et se base sur un design frugal, permettant ainsi un gain de temps et

d'argent. Il en va de même pour le projet de production locale de gel hydroalcoolique porté par la Myne à Villeurbanne, dont le déroulé a été minutieusement documenté sur leur site internet.

Il existe **peu de recherches sur la démécanisation des actes médicaux**. Pour autant, **le projet KDOG** est un exemple phare de low-tech permettant de détecter des cancers. De la même manière, l'université de Stanford a créé une centrifugeuse de laboratoire manuelle avec du papier et du bois, **le paperfuge**. Enfin, un groupe de travail français, **GreenCataract**, a commencé à étudier la création d'un laboratoire bas-carbone pour pratiquer des opérations de la cataracte.



Respirateur MakAir, © MakAir

Les acteurs des low-tech proposent également une réflexion sur le fait de **réserver les hautes technologies** aux soins le nécessitant et de prendre en compte les externalités environnementales des pratiques de soin (qui peuvent elles-mêmes affecter la santé dans un second temps) ; comme dans d'autres domaines, il s'agit de faire preuve de **discernement technologique**. Par exemple, des chercheurs sur l'anesthésie ont étudié l'impact sanitaire de l'utilisation de manches de laryngoscope jetables par rapport aux manches réutilisables (Sherman & Hopf, 2018). Ils plaident pour un meilleur équilibre entre l'exigence de la stérilisation et l'impact environnemental des différentes techniques associées. Selon les pratiques, l'impact environnemental des soins prodigués peut grandement différer, aussi bien en quantité qu'au niveau de la chaîne de valeur. Par exemple, l'anesthésie est une pratique qui pourrait considérablement réduire ses émissions directement au sein du bloc opératoire, en restreignant l'utilisation massive de gaz, et de produits

chimiques polluants. Au contraire, les leviers d'actions pour la cataracte, étudiée dans le cadre du projet Green Cataract, nécessitent un changement de paradigme. En effet, la marge de manœuvre de réduction des émissions au sein du bloc représente un très faible impact et il convient donc **d'impliquer l'ensemble de la chaîne de valeur (fournisseurs, industriels...)** pour aboutir à un **bloc opératoire décarboné**. L'aval est encore trop souvent mis en avant aujourd'hui (le recyclage), alors que des gains considérables peuvent être enregistrés en adoptant une approche d'achat responsable, reposant sur des matériaux locaux et moins complexes, potentiellement fabriqués dans des « fablabs » de proximité.

La création de pratiques de soins low-tech n'est pas à envisager comment une solution généralisée, mais de manière **complémentaire aux techniques de pointe**. Le déploiement de solutions low-tech pourrait notamment être envisagé à plus grande échelle dans des soins à la personne, des soins post-opératoires, ou pour prodiguer certains soins dans des spécialités ayant moins recours à la technologie (podologie, kinésithérapie, ergologie, infirmerie, etc.), lorsque l'état de santé du patient le permet. Ainsi, la création d'outils low-tech pourrait accompagner le travail de soins des professionnels de santé avant, pendant et après l'intervention médicale. Enfin, au-delà de la production de soins en soi, les low-tech peuvent également intervenir dans le **fonctionnement des établissements de santé** ou dans la pratique médicale au quotidien : production d'EPI, systèmes de production d'électricité décentralisés en cas de panne, etc.

▪ Enjeux associés et effets attendus

En plus de **réduire les effets environnementaux négatifs des outils médicaux**, introduire des low-tech pourrait permettre **d'augmenter la résilience d'un système de santé**. Ces innovations sont d'ailleurs généralement réalisées dans le but de trouver des solutions pour des zones géographiques ayant un accès limité ou intermittent à l'énergie.

Le recours à des techniques low-tech est un élément de réponse permettant d'assurer une **continuité des soins dans le cadre de situations de crise ou de contextes dégradés** : conflits, catastrophes naturelles, mais aussi saturation des systèmes de soin, comme cela a pu être le cas lors de la pandémie de Covid-19. Les low-tech peuvent également pallier les difficultés d'accès aux infrastructures de santé (déserts médicaux). Utiliser les low-tech comme un prisme de réflexion potentiel à solliciter dans le domaine de la santé permettrait d'accroître la résilience des systèmes de santé, souvent dépendants de ressources non renouvelables, et hautement mondialisés.

▪ Réglementation

Les règles sanitaires à respecter sont rassemblées dans le référentiel « **Sécurité sanitaire dans les établissements de santé : textes applicables** ».

En France, la **recherche médicale est très encadrée**, afin principalement de **préserver les personnes humaines** qui y participent. Ainsi, la loi Jardé détaille les conditions de recherche clinique sur les individus. Il n'y a pas d'encadrement à proprement parler de la recherche sur la démécanisation.

Les **normes** auxquelles doivent se conformer les outils de santé encadrent également leur production, en garantissant la sécurité du matériel employé. Cependant, celles-ci sont bien souvent incompatibles avec les techniques de production des low-tech dans des unités

décentralisées avec un accès ouvert, ces structures étant dans l'incapacité financière de mener des tests cliniques à grande échelle, par exemple.

Focus : La détection de cancer par les chiens

Ayant un odorat extrêmement développé, les chiens seraient capables de reconnaître l'odeur de cellules cancéreuses. L'Institut Curie a ainsi développé le projet de recherche d'innovation KDOG, dans le but de mettre au point une technique de dépistage du cancer du sein grâce aux chiens. Une technique peu mécanisée, peu chère, rapide et indolore.



Pour aller plus loin :

- Site internet de l'initiative Green Cataract : [GreenCataract](#)
- Recueil d'histoires sur le futur de la santé *Sauve qui peut, Demain la Santé* : [« Demain la Santé » : pour un futur du soin low-tech - Digital Society Forum \(orange.com\)](#)



ÉTAT DES LIEUX ET PERSPECTIVES DES LOW-TECH

ANALYSE DU SECTEUR DE L'HABITAT

SYNTHÈSE

L'habitat constitue un secteur idéal pour mettre en place les low-tech : il représente à la fois un impact environnemental crucial, un coût économique prépondérant pour les ménages et des possibilités pour agir à différentes échelles. Les low-tech proposent par ordre de priorité de mener une réflexion sur le bâti existant, avant de construire des habitats dits légers et de faire appel à des techniques de construction ou d'habitat low-tech.

▪ Enjeux des low-tech

En France, le secteur du bâtiment représente **44 % de la consommation d'énergie** et près de **19 % des émissions de gaz à effet de serre (GES)** selon l'inventaire national (Citepa, 2020). Les conséquences environnementales de la construction et de l'habitation sont nombreuses : artificialisation des sols, consommation de matières premières non renouvelables, émissions de gaz polluants, consommation d'énergie...

Par ailleurs, le logement est le **premier poste de dépenses contraintes des ménages français** selon l'Insee, avec près de 27 % de la consommation finale (Insee, 2020). Ce poids sur le budget est particulièrement important pour les **ménages les plus précaires** : pour les 20 % les moins aisés, le logement représente près d'un tiers des revenus (Insee, 2020).

Les low-tech offrent donc au secteur de l'habitat une réflexion sur la nécessité de l'acte de construire et sur la manière de le faire, afin de proposer des solutions environnementales permettant le maximum d'autonomie énergétique et financière.

▪ Freins à la mise en œuvre et facteurs de succès

Le secteur de la construction est extrêmement **réglementé**, afin de satisfaire à des questions de **sécurité** et des raisons **assurantielles**. L'évolution de la réglementation, et notamment la mise en application de la réglementation environnementale RE2020 et de la loi « Climat et résilience » de 2021, pourront jouer un rôle considérable.

Par ailleurs, le poids de l'habitat dans les dépenses des ménages impose une **accessibilité financière** des solutions, ce qui présente une opportunité pour les low-tech.

Thématique 1 : Utiliser et réutiliser l'existant

Éviter de construire lorsque cela est possible représente le premier levier pour diminuer l'impact environnemental. Une réflexion sur l'usage fait des bâtiments existants peut ainsi permettre d'optimiser la quantité de nouvelles constructions.

▪ Techniques et acteurs emblématiques

Les **bâtiments d'habitation principale** augmentent plus rapidement que la population : entre 1985 et 2020, le nombre de logements a augmenté en moyenne de 1,1% par an (Insee, 2020), contre seulement de 0,45 % pour la population (Insee, 2020). Promouvoir des solutions **d'habitat partagé** permet d'optimiser l'occupation de ces logements et de créer du lien social en partageant des espaces communs (cuisine commune, chambre d'ami, buanderie, jardin...). En France, le **Mouvement national de l'habitat participatif** contribue à promouvoir ce mode de vie. Sur son site, l'association recense près de 300 projets terminés et plus de 500 en préparation.

Quant aux autres bâtiments, nombre d'entre eux sont **utilisés uniquement à certaines périodes** de la journée, de la semaine ou même de l'année : bureaux, salles de concert, écoles, résidences secondaires... Afin d'optimiser l'utilisation du bâti existant, potentiellement de



© Philippe Ruault

haute qualité, Philippe Bihoux propose de concevoir des solutions de **partage de ces bâtiments**. Ce type de réflexion émerge dans les nouveaux projets de construction et d'aménagement qui mettent en avant la **chronotopie**¹. À Paris, le projet de transformation de la maternité Saint-Vincent-de-Paul prévoit ainsi des possibilités d'utilisations d'une école le soir et le week-end pour d'autres usages.

Enfin, les low-tech promeuvent le fait de réutiliser les bâtiments ou du second-œuvre plutôt que de détruire et reconstruire. **Des architectes comme Lacaton et Vassal**, qui ont obtenu le prix Pritzker 2021, s'inscrivent dans cette démarche. La photo ci-contre montre ainsi le projet de la Tour Bois-le-Prêtre, qui a permis de conserver le bâti existant en améliorant notamment l'isolation.

Par rapport au recyclage, le réemploi permet également de limiter la consommation d'énergie nécessaire à la transformation des matériaux et requiert moins d'infrastructures. Des acteurs comme **l'IDRE, l'Interprofessionnelle de la déconstruction et du réemploi**, travaillent actuellement à la structuration de filières autour du réemploi dans le bâtiment.

▪ Enjeux associés et effets attendus

Optimiser la quantité de bâti permet de lutter contre **l'artificialisation** des sols, **l'étalement urbain**, et de réduire la consommation de **matériaux** de construction. De plus, des solutions d'habitats partagés peuvent permettre de lutter contre la précarité du logement en offrant des **solutions bon marché**. Enfin, promouvoir la réhabilitation des bâtiments et le réemploi des matériaux permettrait de limiter les **déchets** liés au secteur du BTP, 1^{er} producteur de déchets en France avec près de 70% des déchets produits sur le territoire national (ADEME, 2017).

L'un des enjeux associés au fait *d'éviter de construire* est celui de la planification urbaine d'un territoire. En effet, optimiser la quantité de bâti demande d'anticiper les besoins en logements du territoire et de favoriser les réhabilitations plutôt que les constructions neuves.

▪ Réglementation

La **loi « Climat et résilience » de 2021** introduit la nécessité de réaliser une étude du potentiel de changement de destination et d'évolution d'un bâtiment, y compris par sa surélévation, préalablement aux travaux de construction ou de démolition de celui-ci.

¹ En urbanisme, la chronotopie désigne l'aménagement temporel des espaces, afin de créer une « ville malléable, flexible, souple et adaptable dans ses espaces et dans ses temps ». (Gwiazdzinski, 2013). L'objectif est de mutualiser l'utilisation des bâtiments et permettre des usages multiples d'un seul espace.

La loi AGEC a également réaffirmé l'importance de l'enjeu de gestion des déchets dans le domaine du bâtiment, en élargissant le diagnostic Produits-Equipements-Matières-Déchets (PEMD) qui fournit les informations relatives à ces éléments dans l'optique de leur réemploi ou de leur valorisation et en établissant une filière de responsabilité élargie du producteur dédiée. Il existe d'ailleurs un objectif européen de recyclage des matériaux du BTP².

L'habitat participatif est encadré par la **loi Alur**, qui définit la **structure juridique** regroupant les participants à ce type de projet, ainsi que les **règles à respecter**.

Pour ce qui est de la chronotopie, **aucune réglementation généraliste** n'existe. Cependant, il faudra s'assurer de respecter les réglementations correspondant au type d'usage du bâtiment, et notamment à la classification ERP (Établissement recevant du public).

Thématique 2 : habitats légers

Caravanes, yourtes, tiny houses... Nombreuses sont les formes d'habitats légers, aussi bien que les raisons de favoriser ces logements : réduction de l'artificialisation des sols, incitation à la sobriété ou encore à l'autonomie dans le bâtiment.

▪ Techniques et acteurs emblématiques

Les **habitats légers** sont classés selon **trois catégories** réglementaires : les **habitations légères de loisir** (cabanes, *tiny houses*...), les **mobil-home** et les **caravanes**, différenciées par l'autorisation de rouler pour ces dernières.

L'association **HALEGE**, qui promeut ce type d'habitations en Suisse, recense **différentes techniques** de construction. Par exemple, les **Kerterres** sont des habitats ronds en chanvre, chaux et sable, sans ossature, pensés pour s'insérer le mieux possible dans leur environnement.

En France, l'**association Hameaux légers** a été créée en 2017 afin d'accompagner les initiatives et de sensibiliser au sujet.

L'habitat léger connaît récemment un fort **gain de popularité**, et notamment les **tiny houses**, ou micromaisons. Le concept a été largement mis en avant comme une solution économique et écologique après l'ouragan Katrina et la crise économique de 2008.

Aujourd'hui, **plusieurs entreprises** proposent des solutions de construction (prête à l'emploi ou en autoconstruction) de *tiny houses* en France. L'entreprise **Atelier Bois d'ici**, qui a participé à la construction de la *tiny house* du Low-tech Lab (en photo ci-contre), propose ainsi des *tiny houses* autonomes en eau ou en électricité, construites avec du bois local et possiblement en auto-construction guidée.



© Low-tech Lab

▪ Enjeux associés et effets attendus

L'habitat léger, grâce à sa **surface plus restreinte**, peut permettre de limiter l'**artificialisation des sols** et de limiter la pression immobilière sur un territoire. La diminution de la surface de logement, ainsi que les choix de construction, permettent également la diminution des besoins en **matériaux de construction**, puis, à l'usage, en **eau** et en **énergie**.

Par conséquent, un habitat léger a tendance à coûter moins cher. Ainsi, promouvoir l'habitat léger permet également d'améliorer l'**accessibilité économique** des logements. Les acteurs du secteur remarquent d'ailleurs que les habitants d'habitats légers peuvent être motivés par des difficultés d'accès à la propriété dans l'habitat conventionnel, que ce soit pour l'accès au foncier ou l'octroi de prêts.

Enfin, les habitats légers sont généralement associés à des enjeux d'autonomie. Parce qu'ils peuvent parfois être auto-construits, ou parce que leur petite taille leur permet d'être plus facilement autonomes en eau ou en électricité, de nombreux habitants revendiquent la liberté que leur procure leur habitat léger.

▪ Réglementation

L'habitat léger est encadré par la **loi Alur** depuis 2014. Selon le type de **surface** et **d'habitat**, et notamment si l'habitat est démontable ou non, les projets doivent soumettre un **permis de construire**, un **permis d'aménager** ou uniquement une **déclaration préalable**. En l'absence de raccordement aux réseaux publics, le demandeur devra fournir une attestation permettant de prouver le respect des règles

² L'Union européenne a fixé un objectif de 70% des déchets issus du BTP recyclés. Cet objectif a déjà été atteint.

d'hygiène et de sécurité (incendie, eau, assainissement et électricité). En effet, l'obligation de raccordement ne s'applique pas aux habitats légers.

Ces habitats peuvent être aménagés dans certaines parties des zones non constructibles, les **STECAL**, délimitées dans les **plans locaux d'urbanisme (PLU)**.

De nombreux acteurs de l'habitat low-tech considèrent que la réglementation des habitats légers ou réversibles est trop méconnue et insuffisamment appliquée par les administrations.

Thématique 3 : techniques et matériaux de construction, chauffage et isolation

Lorsque la construction est nécessaire, des techniques low-tech permettent de minimiser l'impact environnemental de la construction et de l'utilisation d'habitats.

▪ Techniques et acteurs emblématiques

Tout d'abord, certains matériaux de construction **biosourcés** ou **géosourcés**, parfois marginaux actuellement, apportent de nombreux avantages par rapport aux matériaux usuels, notamment sur le plan environnemental. **Bois, paille**, promue par le **RFCP** (Réseau français de la construction en paille), mais aussi **terre crue**, peuvent ainsi être présentés comme des alternatives au béton classique. Il existe également des solutions à la lisière des low-tech de recyclage de déchets en matériaux pour le bâtiment. FabBRICK ou Emmaüs travaillent par exemple sur le recyclage de déchets textiles en matériaux isolants. Le bâtiment est un axe particulièrement intéressant pour le réemploi de déchets textiles étant donné son milieu de stockage durable et ultra volumineux.

Les matériaux à privilégier pour des constructions low-tech dépendent fortement du contexte et des matériaux disponibles en abondance à l'échelle locale. Ainsi, des matériaux qui ne sont pas nécessairement low-tech (plastique et autres matériaux fortement transformés) sont parfois considérés comme low-tech, notamment dans des contextes où la présence de ces matériaux engendre des problèmes, par exemple de pollution. Ainsi, le « **plastic bottle village** », au Panama, est parfois mentionné comme un exemple de construction low-tech. Comme son nom l'indique, les constructions sont faites à partir de bouteilles en plastique.

L'isolation est également un point clef pour améliorer la performance énergétique du bâtiment. Avant même de recourir à des techniques de construction low-tech, il est possible de concevoir les bâtiments de manière à maximiser l'apport en lumière et en chaleur au sein de l'habitation (orientation des fenêtres et pièces à vivre vers le sud, réduction de la taille des ouvertures au nord, etc.).

Parmi des techniques d'isolation low-tech, il est possible de citer le **liège**, le **chanvre**, la **ouate de cellulose**, la **fibre de bois**. Des solutions peuvent également être apportées pour améliorer la performance énergétique sans refaire l'ensemble de la couche isolante, comme le **capteur à air chaud**, le **brise-soleil** ou encore le **toit végétal**.

Enfin, des techniques low-tech répondent aux besoins incompressibles de chauffage et de climatisation. Un des principes du chauffage low-tech est de **chauffer les personnes plutôt que les espaces**. En effet, des techniques low-tech permettent de créer des microclimats dans les pièces pour assurer le confort thermique des personnes. Il s'agit par exemple d'une chaise à hotte face à un feu, d'un lit à baldaquin, ou de chauffe-pieds. Pour un système de chauffage moins localisé, les acteurs low-tech plébiscitent le **poêle de masse**, un



© Taste Iran

système de chauffage au bois particulièrement efficace, qui restitue de la chaleur pendant une longue durée une fois le feu éteint.

Des climatisations low-tech existent également. **La climatisation adiabatique** s'obtient grâce à un ventilateur et de l'eau. Plus artisanal, l'**ecocooler** rafraîchit en utilisant des bouteilles plastique réutilisées. Dans les zones au climat aride, il est également possible, lors de la conception et construction d'un bâtiment, d'ajouter une tour « attrape-vents » appelée *badgir* (voir la photo ci-contre).

Les low-tech mettent toutefois en garde contre **l'effet rebond** que peuvent entraîner les différentes formes de rénovation : une meilleure isolation ne devrait pas justifier d'augmenter les températures à l'intérieur des bâtiments sous prétexte que le chauffage coûte désormais moins cher.

▪ Enjeux associés et effets attendus

Les matériaux actuellement majoritaires proviennent de **matières non renouvelables** et émettent d'importantes quantités de **gaz à effet de serre**. Par ailleurs, plus d'un ménage sur quatre en France souffre de **précarité énergétique** (ministère de l'Environnement, de l'Énergie et de la Mer, 2017).

L'utilisation des low-tech dans l'habitat entraînerait donc des conséquences **sociales** et **environnementales positives**.

Matériau	Béton armé	Ciment Portland	Bois	Autres matériaux de construction naturelle : liège, paille, terre, etc.
Facteur d'émissions de GES à la construction	155 kgCO ₂ e/tonne	866 kgCO ₂ e/tonne	36,7 kgCO ₂ e/tonne	Maison éco-construite « bois, paille, pierre, terre » : 144 kgCO ₂ e/m ² SHON Monomur terre cuite : 44,3 kgCO ₂ e/m ²

Source : Base Carbone 20.2, ADEME, 2021

▪ Réglementation

Les produits et procédés de construction, ainsi que leur mise en œuvre, doivent répondre à des exigences normatives contractuelles afin que les constructeurs puissent prétendre à une **assurance** (NF DTU, cahiers de prescriptions techniques, avis techniques, appréciations techniques d'expérimentation, normes et certifications de produits, règles professionnelles). La reconnaissance d'un produit ou procédé de construction comme **technique courante** est un enjeu important en termes d'assurabilité. Or, les protocoles à suivre pour obtenir cette reconnaissance sont souvent longs et lourds financièrement. De cette problématique découle un enjeu important de couverture des réalisations low-tech par les assurances. Les acteurs de l'assurance refusent de couvrir de nombreux dispositifs (chauffage notamment), ou certaines pratiques low-tech (auto-construction, matériaux issus du réemploi, etc.). L'adoption de ce type de projet est dès lors complexe, aussi bien du point de vue des particuliers que des professionnels dans le secteur de la construction ou de l'habitat qui ne veulent prendre le risque financier, voire parfois pénal, comme les architectes, dans le cadre de leurs travaux.

Pour des **procédés** ou des **produits**, d'autres types **d'agréments** doivent être obtenus.

Par ailleurs, les niveaux de performance énergétique devant être obtenus dans les constructions neuves sont fixés par la **RE2020**.

Il n'existe pas de réglementation concernant le niveau de chauffage. L'ADEME recommande toutefois de chauffer à 19 °C dans les pièces à vivre et à 16 °C dans les chambres. Pour la climatisation, l'ADEME recommande de ne pas l'utiliser avant 26 °C dans le logement. En effet, en passant la température de consigne de 22 °C à 26 °C, la consommation électrique est divisée par deux.

Pour aller plus loin :

Voir le centre de ressources sur la *frugalité et [les] low-tech dans la construction et l'aménagement* sur EnviroBoite <https://www.enviroboite.net/frugalite-et-low-tech-dans-la-construction-et-l-amenagement>

Voir une description de l'*Habitat low-tech* du Low-tech Lab <https://lowtechlab.org/fr/le-low-tech-lab/les-actions/habitat-low-tech>

Voir la plateforme Profeel, qui fournit de nombreux outils en ligne gratuitement sur le sujet de la rénovation énergétique low-tech : une vidéo introductive, une BD, des podcasts et 8 fiches projets : <https://programmeprofeel.fr/>

Voir la note de tendance de Bouygues Construction sur la Chronotopie, octobre 2020 : <https://www.bouygues-construction.com/blog/wp-content/uploads/Note-de-tendances-2-Chronotopie.pdf>



ÉTAT DES LIEUX ET PERSPECTIVES DES LOW-TECH

ANALYSE DU SECTEUR DES DÉCHETS

SYNTHÈSE

Pour cette thématique, les démarches low-tech se rapprochent des démarches « Zéro déchet » et d'économie circulaire, dans lesquelles la priorité est donnée à la réduction de la quantité de déchets puis au recyclage. Toutes ces approches partagent la volonté de réparer, d'allonger la durée de vie de objets et de réemployer un maximum. Toutefois, les low-tech peuvent également concerner des techniques alternatives de gestion des déchets.

▪ Enjeux des low-tech

En France, 315 millions de tonnes de déchets ont été produites en 2016 (ADEME, 2020). Parmi ceux-ci, 568 kg de déchets ménagers sont produits par habitant et par an.

L'opinion publique semble pour le moment **se concentrer sur le tri et le recyclage**, comme en témoigne le récent sondage d'IPSOS, dans lequel on apprend que le tri est considéré à tort comme l'action la plus efficace pour réduire son impact environnemental (Ipsos, 2021). Les acteurs des low-tech cherchent à proposer une réflexion systémique sur la société de consommation, en partant du principe que **dès lors que l'on consomme quelque chose, on produit des déchets**. Ainsi, la priorité est donnée à la réduction de la consommation et de la création de déchets plutôt qu'au recyclage.

▪ Freins à la mise en œuvre et facteurs de succès

Dans le domaine des déchets, les **démarches low-tech présentent des synergies importantes avec le zéro déchet et l'économie circulaire**, ce qui **peut engendrer des difficultés à distinguer les nuances entre les termes**.

Comme pour l'économie circulaire ou le zéro déchet, le principal frein au déploiement de solutions low-tech dans ce domaine semble être la **captation de l'attention sur le tri et le recyclage comme priorité**. De plus, le **caractère « invisible »** des déchets produits et de leur traitement pourrait limiter l'acceptation d'une démarche systémique comme celle proposée par les acteurs low-tech. On remarque d'ailleurs que les démarches low-tech ont tendance à se concentrer sur les déchets les plus « visibles », à savoir les déchets ménagers, bien avant les déchets du BTP, plus importants en termes de quantité.

Toutefois, suivre une démarche low-tech pourrait permettre **des économies considérables à la fois pour les ménages, pour les entreprises et pour les collectivités**.

Focus : Les Repair cafés, Ressourceries et recycleries

Les Repair cafés sont des tiers lieux associatifs dans lesquels des objets sont réparés ou détournés dans l'optique d'être réutilisés. Les Ressourceries sont quant à eux des lieux qui offrent un service à part entière de prévention et de gestion des déchets. En plus de chercher à allonger la durée de vie des objets, ces lieux ont tendance à laisser une grande place à l'expérimentation et à la transmission de savoir, deux éléments fréquents dans une démarche low-tech.



Carte mondiale des Repair cafés © Repair Café France, 2021

Selon la note de la Fabrique écologique sur les low-tech, une des politiques permettant la diffusion des low-tech serait le soutien à la création d'un Repair café par commune.

Thématique 1 : Prévenir la production de déchets

Lorsque l'on applique la démarche low-tech à la problématique des déchets, la priorité consiste à diminuer la quantité de déchets produits, notamment grâce à un questionnement des pratiques d'achat plutôt que de chercher des solutions low-tech à leur traitement.

▪ Techniques et acteurs emblématiques

La démarche low-tech met en avant le fait de **questionner ses besoins pour ne consommer (et faire produire) que le nécessaire**. Avec une vision dans laquelle **tout objet matériel génère des déchets au cours de sa production**, les acteurs des low-tech considèrent que la meilleure manière d'éviter de produire des déchets est de moins consommer. Ils rejoignent ainsi la démarche zéro déchet pour laquelle le meilleur déchet est celui qui n'est pas produit. Toutefois, les low-tech vont avoir un objectif légèrement différent parce que la finalité initiale de la sobriété matérielle n'est pas forcément de réduire la quantité de déchets, mais plutôt de limiter la consommation de ressources.

Ainsi, comme pour la démarche zéro déchet, les low-tech favorisent **le vrac et le fait maison**. Par exemple, le Low-tech Lab propose plusieurs recettes de produits ménagers réalisables soi-même et sans déchets.

Il est intéressant de noter que les démarches low-tech et zéro déchet semblent s'être toutes les deux concentrées sur les déchets ménagers.

▪ Enjeux associés et effets attendus

Cette démarche pourrait générer **des gains économiques** liés à la diminution des coûts de gestion des déchets, en plus de tous les **gains environnementaux**. Ces gains peuvent être attribués directement aux producteurs des déchets ou à la collectivité, en fonction du mode de financement du service de gestion des déchets. Pour les ménages, le bilan économique est plus mitigé : certains produits coûtent plus cher et ne peuvent pas être amortis, à l'instar de la nourriture en vrac dont l'avantage économique fait débat.

Un **effet rebond environnemental** peut être occasionné par l'achat de matériel, notamment neuf, pour entamer une démarche zéro déchets. De plus, le processus de fabrication peut parfois être très émetteur en gaz à effet de serre. Ainsi, il faudrait trois ans d'utilisation exclusive d'une gourde en inox pour compenser l'impact écologique de sa production.

▪ Réglementation

La loi sur la transition énergétique et la croissance verte du 17 août 2015 a mis fin à la mise à disposition, à titre onéreux ou gratuit, des sacs de caisse en plastique à usage unique destinés à l'emballage de marchandises au point de vente en 2016.

La loi AGECE fixe des objectifs de réduction du volume total de certains déchets, **dont une réduction de 100 % des emballages jugés inutiles**, et inscrit pour la première fois le vrac dans la réglementation française. Depuis, **un commerçant n'a le droit de refuser le contenant que s'il est manifestement sale ou inadapté**.

Il existe ainsi une réglementation pour favoriser les achats zéro déchet. Toutefois, il n'existe pas de réglementation spécifique à une moindre consommation.

Thématique 2 : Réemployer, réutiliser, réparer

Parmi les piliers des low-tech, les solutions promues se doivent d'être accessibles et locales. Dans le cas des déchets, l'objectif est alors d'arriver à prendre la maîtrise de ses déchets, voire de les mettre à profit pour de la valorisation ou du réemploi.

▪ Techniques et acteurs emblématiques

Pour tous les déchets non organiques, les acteurs low-tech vont chercher à allonger leur durée de vie pour éviter la production de déchets. Les acteurs low-tech encouragent la transmission de compétences pour l'entretien des objets et leur réparation. Pour cela, **des repair cafés, Ressourceries ou recycleries** permettent d'apprendre à réparer soi-même et, en cas de besoin, d'emprunter les outils nécessaires. En 2017, 2 400 recycleries opéraient sur le territoire français, selon l'ADEME. Les low-tech promeuvent le réemploi avant que les objets ne deviennent des déchets.

Cependant, certains objets ne peuvent pas être réemployés sous la même forme. De nombreux acteurs comme le Low-tech Lab proposent alors de nombreuses manières de détourner un objet pour en fabriquer un autre, comme **réutiliser des parties de frigo pour faire un chauffe-eau solaire**.

Des matières premières, ou sous-produits, peuvent également être réutilisés. L'Atelier CirculR propose par exemple de réutiliser des drèches, résidus du brassage des céréales servant à faire de la bière, dans la fabrication d'objets artisanaux.

La campagne « Rien de neuf » de Zero Waste France — durant laquelle les participants s’engageaient à ne rien acheter de neuf durant une année — pourrait ainsi être qualifiée de low-tech. En effet, autour de ce défi, ils ont construit une communauté autour de partages de tutoriels, etc., tout en promouvant l’échange d’objets et un questionnement des besoins, dans une optique de sobriété.

- **Enjeux associés et effets attendus**

À nouveau, ces pratiques pourraient permettre aux ménages et collectivités de **faire des économies**. Cela devrait également permettre de **faire baisser la pression sur les matières premières**. Toutefois, cela implique un partage de connaissances et une montée en **compétences techniques de la population**, ce qui pourrait **favoriser l’autonomie des personnes**.

De plus, la **valorisation des déchets** n’est pour le moment pas toujours suffisamment **compétitive** par rapport à l’élimination. L’augmentation de la **taxe générale sur les activités polluantes (TGAP)**, prévue par la loi de finances 2019, ainsi que la création de nouvelles filières REP permettant le déploiement de nouvelles filières de valorisation, pourrait changer le rapport de force.

Un frein important réside dans le tarif des réparations, parfois aussi onéreuses que de racheter du neuf, sans certitude de succès. De plus, effectuer des réparations sur un appareil électronique peut occasionner des ruptures de garanties auprès des vendeurs. Les repair cafés déconseillent généralement de venir avec des objets sous garantie constructeur.

- **Réglementation**

Dans la directive n° 2008/98/CE du 19/11/08, l’Union européenne précise le cadre réglementaire pour la gestion des déchets. Une hiérarchie entre les modes de traitement est notamment présentée : le but est de privilégier, dans l’ordre :

- La réutilisation ;
- Le recyclage et la valorisation des déchets organiques par retour au sol ;
- Toute autre valorisation, notamment la valorisation énergétique ;
- L’élimination.

La loi AGEC introduit **l’indice de réparabilité** pour certains produits, qui dépend de cinq critères : la disponibilité des documents techniques de réparation, la démontabilité du produit, la disponibilité des pièces détachées, le prix des pièces détachées et un critère propre à la catégorie de produits concernés¹.

Pour permettre à ce réemploi d’être effectif, la loi a également créé des fonds pour le réemploi, en particulier destiné aux structures telles que les recycleries, des mesures cherchant à favoriser l’utilisation de pièces détachées issues du marché de l’occasion et instauré un minimum de produits issus de réemploi ou du recyclage (le minimum dépend du produit).

Un déchet est un produit destiné à l’abandon. Ainsi, la réutilisation nécessite la sortie du statut de déchet, ce qui peut représenter un frein important. Si un amendement adopté dans le cadre du projet de loi économie circulaire évite à certains produits, notamment des équipements et matériaux issus d’une déconstruction, de passer sous le statut de déchet, tout déchet ne peut pas redevenir un produit, et les déchets et les produits ne sont pas soumis aux mêmes exigences réglementaires.

Thématique 3 : Systèmes de gestion des déchets low-tech

Enfin, lorsque les déchets ne peuvent être évités, compostés ou réutilisés, des techniques low-tech peuvent servir à simplifier leur collecte ainsi que leur traitement.

- **Techniques et acteurs emblématiques**

Des low-tech peuvent se révéler utiles à plusieurs niveaux de la gestion des déchets. Il existe plusieurs entreprises, comme **Tricyclerie**, qui utilisent les vélos cargos pour collecter les biodéchets et les composter. **Plastic Odyssey** a également mis au point **une compacteuse low-tech** pour faciliter le transport des déchets plastiques.

Pour ce qui est de la valorisation des déchets organiques, l’objectif est principalement de séparer les biodéchets à la source pour les valoriser, d’autant plus qu’ils peuvent finir pollués sur il sont mélangés au reste des ordures ménagères. Des acteurs low-tech proposent alors d’utiliser de déchets alimentaires pour l’alimentation animale (l’alimentation animale par coproduit est autorisé en France, si elle respecte des normes strictes). Une autre solution encouragée par les acteurs low-tech est le compostage avec une gestion collective, même en zone urbaine. Ainsi, des techniques de compostage low-tech, adaptées à différentes situations ont été élaborées : compost bokashi, mini méthaniseur, compost mouches soldats noirs, lombricomposteurs, etc.

¹ Pour plus d’informations, voir le site internet dédié : <https://www.ecologie.gouv.fr/indice-reparabilite>

Ces techniques ne sont pas destinées uniquement à des individus. Au contraire, beaucoup peuvent être adoptées pour des entreprises, des collectivités et toutes sortes d'organisations. Par exemple, Nénufar propose des solutions de méthanisation low-tech, adaptées pour l'élevage. Nextalim combine le compostage et l'alimentation animale en produisant, à partir de déchets organiques, des mouches soldats noires destinées à l'alimentation animale.

En ce qui concerne le traitement des déchets, **Precious Plastic** propose en *open source* des plans de machines low-tech permettant de recycler le plastique.

Pour simplifier la gestion des déchets, les acteurs low-tech appellent également à modifier les produits eux-mêmes en amont. Ainsi, Philippe Bihoux propose de mettre en place des restrictions sur les matériaux utilisés lors de la production. Par exemple, il envisage de **limiter les alliages** ne pouvant être séparés pour réutiliser le métal en fin de vie. Une autre solution proposée est de **standardiser des emballages**, notamment ceux en verre, pour pouvoir les réutiliser directement après lavage associé à un **système de consigne**. Le Low-tech Lab propose également de produire en matériel compostable et peu transformé, comme le **mycélium de champignons** ou le **cuir de kombucha**.

Au-delà de la gestion des déchets, des techniques low-tech peuvent servir à la dépollution. En particulier, des champignons ou des plantes dites bioaccumulatrices peuvent emmagasiner les métaux lourds présents dans les sols. Ces métaux peuvent, par la suite, être valorisés. C'est le cas de la société YpHen, qui vise à dépolluer les sols en utilisant des matériaux polymères à base de champignons, fabricables simplement avec une casserole d'eau chaude, un moule, des champignons et des déchets organiques.

- **Enjeux associés et effets attendus**

Les techniques low-tech pourraient donc aider à **simplifier la gestion des déchets** et à augmenter la part d'emballages réutilisés ou recyclés, en plus de générer des bénéfices lors de la valorisation des biodéchets.

Les acteurs low-tech sont toutefois très attentifs à leur discours sur le recyclage, car l'un des enjeux principaux est d'éviter l'effet rebond qui, grâce à une simplification du recyclage, pourrait entraîner une augmentation de la production de déchets. Leur priorité reste donc la réduction des déchets à la source.

- **Réglementation**

En ce qui concerne l'alimentation animale, les **industriels du secteur agroalimentaire** sont autorisés à valoriser certains de leurs **coproduits** par ce biais, s'ils respectent des **conditions à la fois sanitaires et nutritives** pour garantir que les produits finaux destinés à la consommation ne présentent aucun risque pour les consommateurs. En revanche, le **règlement 1069/2009**, s'appliquant aux sous-produits animaux, interdit aux collectivités et aux particuliers de donner des déchets aux animaux destinés eux-mêmes, ou dont les produits sont destinés, à la consommation humaine.

La réglementation sur le compostage dépend de la taille et de la nature de la structure : composts de proximité, privés ou partagés, de particulier ou d'entreprise. Généralement, une distance minimale par rapport aux habitations alentours est requise. Il n'existe pas de réglementation pour le compostage en intérieur.

La loi AGEC **n'introduit pas d'objectif sur la consigne ou de standardisation de certains emballages**. Pour porter la mention d'emballage compostable, les emballages doivent pouvoir être compostés à domicile.

Les installations de traitement des déchets sont souvent classées comme **Installations classées pour la protection de l'environnement (ICPE)**. À ce titre, elles sont **encadrées par des règles spécifiques**, en fonction du type de déchets et de la quantité traitée. Ces règles abordent surtout les nuisances potentielles, mais les plus grandes installations doivent **utiliser les meilleures techniques disponibles pour limiter les émissions**.

Pour aller plus loin :

Voir le Panorama de la deuxième vie des produits en France. Réemploi et réutilisation - Actualisation 2017 de l'ADEME, <https://librairie.ademe.fr/urbanisme-et-batiment/3632-panorama-de-la-deuxieme-vie-des-produits-en-france-reemploi-et-reutilisation-actualisation-2017.html> ou *Quand le low-tech fait ses preuves : la gestion des déchets dans les pays du Sud*, Mathieu Durand, Jérémie Cavé et Adeline Pierrat, 2019, Urbanités. <https://www.revue-urbanites.fr/wp-content/uploads/2019/09/Urbanites-12-Durand-et-al-2019.pdf>



ÉTAT DES LIEUX ET PERSPECTIVES DES LOW-TECH

ANALYSE DU SECTEUR DE LA MOBILITÉ

SYNTHÈSE

Le transport est à l'origine d'un impact environnemental important, et fortement associé à la notion de vitesse. Les démarches low-tech prônent un changement de cap, mettant en avant l'idée de ralentir, de retrouver une forme de proximité et d'être plus actif dans ses déplacements.

▪ Enjeux des low-tech

En France, le secteur du transport représentait en 2019 **32 % de la consommation d'énergie finale** (ministère de la Transition écologique, 2021) et **31 % des émissions de gaz à effet de serre** (République française, 2021). Les consommations et émissions du mode routier prédominent largement, à plus de 92 % dans les deux cas.

Cependant, l'émission de gaz à effet de serre (GES) n'est qu'un des **multiples impacts du transport sur l'environnement**, parmi lesquels on peut citer aussi les polluants atmosphériques, le bruit et l'encombrement, la consommation d'espace ou encore les atteintes au milieu physique, terrestre ou aquatique.

Pour autant, de nombreuses fonctions du transport semblent aujourd'hui **incontournables**, comme réaliser des achats, aller au travail ou accéder aux services publics. Les inégalités de mobilité cristallisent d'ailleurs de nombreuses tensions.

Les acteurs low-tech **sont critiques des innovations régulièrement mises en avant par les industriels** : voiture électrique, autonome ou connectée, à hydrogène, etc. En effet, ils pointent le **risque d'effet rebond**, les **dépendances à des métaux rares** qu'induisent ces solutions, ainsi que le manque de réponses apportées aux problématiques telles que l'encombrement et la consommation d'espace. À la place, ils proposent, au-delà de recourir à des modes de transports collectifs (transports en communs, autopartage, tram-train, bus à haut niveau de service...) eux aussi souvent sujets aux effets rebonds, une réflexion sur la réduction du besoin en mobilité — grâce à la création de services de proximité — couplée à un soutien aux modes de transport actifs.

▪ Freins à la mise en œuvre et facteurs de succès

La mobilité low-tech est associée à des **réorganisations sociales importantes** : avoir suffisamment de temps libre pour se déplacer plus lentement, habiter suffisamment près de ses lieux de vie pour se déplacer moins, partir en vacances moins loin ou en mettant plus de temps... Ce dernier point est d'ailleurs lié à la réhabilitation du voyage par étapes dans l'imaginaire collectif.

Par conséquent, **l'acceptabilité des modes de transports low-tech** semble un enjeu important, d'autant plus que, depuis le mouvement des Gilets jaunes, la question de la mobilité est un sujet de société prédominant.

Enfin, lorsque les modes de transports low-tech sont évoqués, se posent également des questions de **sécurité** des utilisateurs. En effet, les modes de déplacement low-tech routiers doivent aujourd'hui évoluer aux côtés de véhicules lourds, rapides et dotés de nombreux dispositifs de sécurité. En France, le sentiment d'insécurité des cyclistes est ainsi le premier frein à la pratique du vélo en ville (Fédération française des usagers de la bicyclette, 2015). Les véhicules low-tech sont plus légers, moins rapides et, malgré cela, leurs utilisateurs sont *in fine* plus exposés à des risques que ceux des véhicules traditionnels, en raison de la cohabitation avec ces derniers, dont la masse et la vitesse accroissent la violence des chocs avec les éléments environnants et les autres usagers de la route.

Thématique 1 : réduction du volume de transport

Réduire ses déplacements lorsque cela est possible représente le premier levier pour diminuer l'impact environnemental du transport. Cela permet également d'éviter un effet rebond en cas d'amélioration des conditions de transport.

Techniques et acteurs emblématiques

Pour permettre aux individus — ou aux objets qu'ils utilisent — de réduire la quantité de transport à laquelle ils recourent¹, les acteurs des low-tech proposent une réflexion sur la notion de proximité. Les solutions qu'ils mettent en avant induisent régulièrement de favoriser l'approvisionnement local, d'habiter près de son travail, ou encore d'avoir accès à des commerces de proximité. Sans avoir été estampillée, ni revendiquée comme low-tech, le concept de « ville du quart d'heure » porté par la Ville de Paris pourrait devenir un terrain de jeu des mobilité low-tech.

Voyager moins loin est également un sujet régulièrement traité par les acteurs low-tech. Cela peut prendre différentes formes : éviter l'avion, partir moins souvent mais plus longtemps...

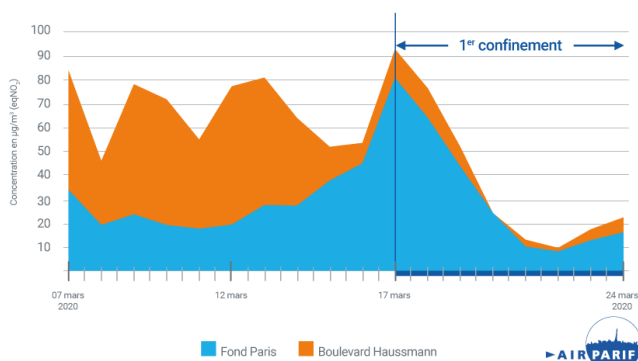
Le télétravail comme manière de réduire le besoin de transport est moins régulièrement mis en avant, car il implique une haute technicité du mode de travail en lui-même.

Enjeux associés et effets attendus

Le premier confinement lié à la pandémie de Covid-19 a entraîné une baisse du trafic routier de près de 80 % à Paris, Lille, Lyon ou encore Toulouse (Auto plus, 2020), due aux restrictions de déplacement. L'acceptation sociale de restrictions aux libertés de déplacement

imposées semble néanmoins faible, comme l'ont montré les oppositions à la limitation de la vitesse maximale autorisée à 80 km/h sur le réseau secondaire, en 2018.

Évolution des concentrations journalières d'oxydes d'azote (NO_x) Boulevard Haussmann



© Airparif, 2020

Pour autant, la baisse du trafic routier aurait un impact important sur les émissions de gaz à effet de serre et la qualité de l'air. Ainsi, les émissions d'oxyde d'azote et de particules PM10 ont chuté de 70 % lors de la première semaine du confinement de mars 2020 (Airparif, 2020).

Par ailleurs, la diminution des transports subis pourrait avoir un impact social positif en faisant gagner du temps. En effet, les trajets domicile-travail nécessitaient en 2015 environ 50 minutes par jour et par personne (Dares, 2015), induisant du stress et de la fatigue.

Il apparaît ainsi que le fait de moins se déplacer est tout particulièrement dépendant d'un urbanisme favorable, caractérisé par une proximité des services, ce qui demanderait de la planification et du temps pour le mettre en œuvre. Cela semble être plus applicable dans des zones densément peuplées que dans des zones plus rurales.

Réglementation

Les distances parcourues par les personnes sont peu réglementées. Selon la loi de la transition énergétique pour la croissance verte (LTECV), les sites d'entreprises de plus de 100 travailleurs doivent élaborer un plan de mobilité employeur, pour optimiser l'efficacité des déplacements du personnel. Selon l'ADEME, ce plan peut être l'occasion d'encourager à habiter à proximité du lieu de travail et d'accompagner les travailleurs dans cette direction.

Concernant les biens, il n'existe pas en France d'obligation de marque d'origine des produits, sauf pour des produits agricoles et alimentaires. Il est également interdit d'inclure des critères relatifs à l'origine géographique dans une commande publique, car cela serait considéré comme une discrimination (Cour de justice de l'Union européenne, 1992). Toutefois, des politiques de relocalisation, telles que les projets alimentaires territoriaux ou les soutiens publics à la relocalisation par le biais du plan de relance 2021-2022, pourraient participer à favoriser la diminution des déplacements de biens.

Thématique 2 : développer les modes de mobilité active

¹ La quantité ou le volume de transport s'exprime en passagers-kilomètres pour le transport de personnes et en tonnes-kilomètres pour le transport de marchandises.

Low-tech et mobilité conduisent vers les mobilités actives : elles permettent à la fois un impact environnemental faible ou nul à l'usage et des conséquences positives sur la santé. Leur déploiement nécessite toutefois un développement du cadre réglementaire mais aussi d'infrastructures spécifiques, en zones urbaines comme en zones rurales.

- **Techniques et acteurs emblématiques**

Il existerait une **corrélation entre le niveau de technicité des modes de fonctionnement et la vitesse atteignable** (Monnet, 2021). Par



Exemple de vélomobile

exemple, le mode de déplacement le plus low-tech, **la marche à pied**, est également la plus lente. Selon le chercheur Jérôme Monnet, l'action emblématique low-tech serait la **piétonnisation** complète de zones urbaines, qui se heurte généralement à des freins sociaux importants, comme on l'a vu lors du projet de piétonnisation des voies sur berges de Paris.

Bien que l'appartenance éventuelle du vélo aux objets low-tech fasse débat au sein de l'écosystème low-tech, il est généralement considéré que se déplacer à vélo peut appartenir à une démarche low-tech. **La multiplication des formes de vélos** permet alors de répondre à des besoins multiples, comme des trajets de longue durée ou nécessitant une charge importante : vélo, vélo électrique, vélo pliant, vélo long, vélo-cargo, ou encore remorques.

La **pandémie de Covid-19 a accéléré la tendance** : 11 000 vélos-cargos ont été vendus en 2020, soit une hausse de 354 % par rapport à l'année précédente,

selon l'Union sports et cycles (Lamoureux, 2021). Ces solutions ne sont pas limitées à des usages particuliers : il existe une offre de **cyclologistique en plein déploiement**.

Pour les trajets plus longs, la **vélomobile** offre une alternative plus confortable, grâce à la carrosserie protégeant le consommateur et à un siège incliné réduisant la fatigue du corps. Elle reste toutefois peu fréquemment utilisée.

D'autres modes de transport utilisant l'énergie humaine pourraient être considérés comme low-tech : les rollers, trottinettes, etc.

Enfin, des acteurs low-tech considèrent que l'utilisation des chevaux pour le déplacement des personnes et des biens pourrait être remise au goût du jour. Par exemple, depuis les années 2000, plus de 250 communes françaises ont expérimenté la **collecte hippomobile des déchets** (Actu-environnement, 2014), **l'utilisation d'un cheval pour les travaux agricoles ou l'entretien des espaces verts, ou encore le transport scolaire**.

- **Enjeux associés et effets attendus**

La mobilité active peut avoir un impact positif sur la **santé des personnes** aussi bien que sur les pollutions variées, comme la **pollution de l'air**, les **émissions de gaz à effet de serre** et la **pollution sonore**. Elle permet toutefois d'aller moins loin et moins vite que des modes de transport motorisés. L'un des enjeux est donc de réduire les distances parcourues (voir thématique 1), même si un nombre significatif de trajets peuvent se faire via la mobilité active de manière réaliste. Par exemple, le tiers des travailleurs français parcourent des distances inférieures à 5 kilomètres pour se rendre sur leur lieu de travail, et 60% d'entre eux utilisent encore la voiture (INSEE, 2017).

Que ce soit pour la marche ou le vélo, les personnes pratiquant les modes de transport actifs sont généralement considérées comme **vulnérables** sur la route. La possibilité de favoriser ces modes de transport et de séduire de nouveaux utilisateurs aujourd'hui réticents **dépend donc d'une infrastructure sécurisante**. Par ailleurs, la sécurité des piétons ou cyclistes se voit réduite par des innovations technologiques. Par exemple, la **motorisation silencieuse des véhicules électriques** perturbe l'appréciation du danger par les marcheurs. De la même manière, les trottoirs sont, malgré les interdictions, utilisés par des véhicules motorisés, comme les **trottinettes électriques**. Enfin, les **smartphones** provoquent des comportements à risque aussi bien chez les piétons que les automobilistes.

L'utilisation de **modes de transport actifs dans la logistique réclame également des infrastructures spécifiques**. Ainsi, des acteurs de la cyclologistique témoignent du fait que les **pistes cyclables trop étroites** augmentent les risques de retard dans les livraisons. De plus, ils sont mobiles sur de plus petites distances et ont donc besoin de **locaux abordables en centre-ville**, ce qui est le plus souvent difficile à trouver. Enfin, ils ont plus de difficultés à être assurés que leurs concurrents en véhicules motorisés. Quant aux particuliers, si des lieux fixes de **réparation** de modes de transport actifs et notamment de vélos commencent à se démocratiser, des **ateliers itinérants** à domicile comme l'Atelier qui roule peuvent également contribuer à la diffusion du vélo à grande échelle.

Il est intéressant de noter que le vélo fait l'objet de nombreux débats dans la communauté low-tech concernant son *caractère low-tech*. En effet, si le vélo est reconnu unanimement comme un mode de transport plus low-tech que les transports motorisés, parce qu'il ne réclame que peu d'énergie extérieure et est réparable, sa production n'est généralement pas low-tech. De plus, le vélo est également

sujet à une complexification vue d'un mauvais œil par les acteurs interrogés. Ainsi, l'utilisation de freins à disques au lieu de freins à patins a été critiquée par l'une des personnes interrogées dans le cadre de cette étude.

▪ Réglementation

Il existe quelques outils réglementaires permettant aux collectivités territoriales de favoriser la marche à pied : les aires piétonnes, les zones de rencontre, les plans piétons, etc. Il n'y a cependant pas de plan national de soutien à la marche à pied, tandis qu'il en existe un pour le vélo.

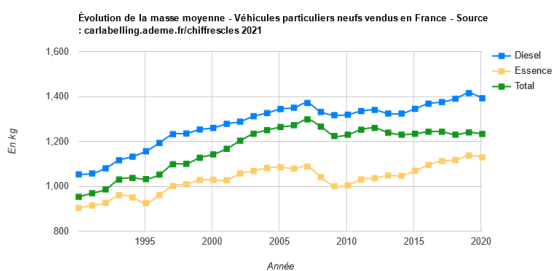
Ainsi, en 2020, 200 M€ ont été alloués à la **construction de pistes cyclables** dans le cadre du **plan de relance**. Le développement du vélo s'accompagne de **transformations des infrastructures**, à l'image des 60 km de « coronapistes » mises en place à Paris en 2020 ou du projet de « RER vélo » en Île-de-France. De nombreux mécanismes de financement se mettent par ailleurs en place afin d'encourager le développement du vélo, comme le **forfait mobilité durable** ou les **aides de l'État pour l'acquisition d'un vélo à assistance électrique**.

La cyclo-logistique a également fait l'objet d'un plan national de développement, publié en avril 2021.

Toutefois, le développement des formes de mobilité actives nécessite de **repenser le cadre réglementaire** sur la mobilité. Par exemple, seules les normes sur les vélos électriques (VAE) s'appliquent aujourd'hui aux vélos-cargos avec assistance électrique. Cela conduit à des structures parfois inadaptées à la charge prévue sur le vélo (UFC-Que Choisir, 2020).

Si des dispositions spécifiques du code de la route s'appliquent aux autres modes de transport actifs cités précédemment, il n'existe pas d'autres réglementation à leur sujet.

Thématique 3 : décomplexifier les modes de mobilité passive



Enfin, les démarches low-tech cherchent à décomplexifier les véhicules routiers motorisés, les bateaux ou encore les avions qui ne peuvent être remplacés à court terme ou pour tous les usages.

▪ Techniques et acteurs emblématiques

Avant de chercher à décomplexifier et optimiser les véhicules passifs produits, les démarches low-tech promeuvent la **mutualisation** des véhicules en circulation pour diminuer le recours aux mobilités passives individuelles. Ainsi, l'utilisation de **transports en communs**, les systèmes **d'autopartage** ou de **covoiturage** sont des éléments à

mobiliser. Cependant, une attention particulière doit être portée à la **manière dont sont mises en place ces solutions**. Il est notamment possible de citer les différences d'impact environnemental de l'auto-partage entre les systèmes « en boucle » où les usagers retournent le véhicule au point d'emprunt contrairement aux systèmes « en trace » où le véhicule emprunté peut être retourné à une station différente. L'autopartage en trace direct a ainsi un « effet mesurable sur l'usage de la voiture, mais 3 à 4 fois moindre que l'autopartage en boucle » (Shift Project, 2018).

La technicité et le poids des voitures vendues ne cessent d'augmenter. Ainsi, le poids moyen des voitures vendues était de 1 233 kg en 2021, contre 953 kg en 1990 (ADEME, 2021). Pour des raisons de prix, d'image ou encore de pénurie de matériaux, certains constructeurs développent toutefois des véhicules plus simples et légers.

Ainsi, **Gazelle Tech** a développé un modèle ne pesant que 700 kg, soit environ la moitié des véhicules du même type existants (Cheminade, 2019). Ce véhicule répond à certains des enjeux low-tech, même si les composants utilisés demeurent peu durables, à l'instar de la fibre de verre présente dans le châssis. De même, **Dacia** développe depuis 2012 des voitures très peu technicisées : frein à main manuel, tirettes de chauffage ou encore manivelles pour fenêtres. Pour la marque, ce sont en premier lieu des critères économiques qui ont guidé les choix de conception. Cela a également mené à des choix de production peu low-tech : les Dacia sont aujourd'hui construites en Chine. Enfin, le recours accru aux solutions informatiques a poussé la **demande de circuits électroniques et de puces** jusqu'à la **pénurie**, obligeant certains acteurs, comme ceux de l'automobile, à retirer ces composants de leurs produits (Gardette, 2021).

Si la voiture électrique, en tant que telle, est souvent décrite par les acteurs des low-tech, le **réetrofit** est parfois mentionné comme une démarche low-tech : il s'agit en effet de changer le moteur d'une voiture thermique pour le transformer en voiture électrique, sans toucher au reste de la structure.

Des initiatives existent également pour limiter le recours au **fret maritime**. L'entreprise **Grain de Sail** a investi dans un voilier cargo, dont la première traversée, achevée en juillet 2021, a permis d'exporter 8 000 bouteilles de vin bio français et d'importer 36 tonnes de cacao et 760 kg de café vert (Bourdet, 2021). De même, l'entreprise **Neoline** vise à développer une offre de voiliers-cargos transocéaniques. Selon l'entreprise, leur solution permettra d'économiser entre 80 % et 90 % de la consommation de fioul, tout en assurant un service compétitif et efficace. Enfin, le projet « **Canopée** » prévoit de créer un premier cargo à propulsion vélique. Ce dernier acheminera, fin 2022, les tronçons d'Ariane 6 vers leur base de lancement.



Un dirigeable © Varialift Airships, 2020

Dans le domaine aérien, l'entreprise britannique **Varialift Airships** mise sur les dirigeables pour remplacer les avions. En effet, les dirigeables consomment 8 à 10 % du volume de carburant utilisé par un avion traditionnel (La rédaction de Canal, 2020). Cependant, leur vitesse de croisière est de 300 km/h environ seulement, soit largement moins qu'un avion classique.

Enfin, les acteurs des low-tech proposent une réflexion sur l'usage du train. Ils mettent en effet en avant que le train peut se substituer à l'avion sur les distances longues, à l'automobile et au car sur les distances plus courtes. Très grand consommateur de ressources, d'infrastructures et de technologies, le ferroviaire n'échappe toutefois pas à la réflexion low-tech cherchant à le décomplexifier. Ainsi, des lignes accueillant des trains plus lents, plus régionaux, pourraient être favorisées par rapport aux lignes à grande vitesse. Des acteurs comme **Railcoop**, qui cherche à rouvrir des lignes de train secondaires, s'inscrivent dans cette démarche.

▪ Enjeux associés et effets attendus

Les gains environnementaux de ces solutions sont moins importants que ceux des solutions plus radicales, mais elles sont perçues comme une manière de répondre à des besoins incompressibles. **Ces différentes solutions sont ainsi pensées pour être complémentaires** : la diminution du transport demeure la priorité, puis la substitution par des modes de mobilité actifs, et enfin la diminution de la complexité et de l'impact environnemental des formes de mobilité passives.

L'un des enjeux majeurs est néanmoins de **s'assurer qu'il n'y ait pas d'effet rebond** au déploiement de ces techniques et technologies.

▪ Réglementation

La fabrication de voitures est encadrée par de **nombreuses normes**, notamment pour assurer la sécurité. Celles-ci peuvent être rédigées aux niveaux international — comme les normes ISO —, européen ou national. Par ailleurs, les constructeurs élaborent des **règlements techniques**, qui toutefois n'ont pas de caractère légal. Dans le cas de voitures légères telles que la Gazelle Tech, la difficulté est d'assurer la sécurité des voyageurs, puisque la voiture doit cohabiter avec des véhicules bien plus lourds.

La loi de finances 2021 introduit quant à elle un **malus automobile lié au poids du véhicule**, pour tout véhicule dépassant les 1 800 kg. Toutefois, cela ne concerne aujourd'hui que « 2 à 3 % des immatriculations, soit environ 60 000 véhicules » d'après le ministère de la Transition écologique. Il n'y a pas de réglementations spécifiques à la teneur en technologie d'une voiture.

Enfin, le retrofit permettant de transformer un véhicule thermique en véhicule électrique ou hydrogène est autorisé depuis le 4 avril 2020.

Le transport de marchandises en voilier-cargo est autorisé en France. La réglementation concernant les dirigeables est cependant plus floue. Plusieurs enjeux ressortent de la réglementation existante² :

- La question de la sécurité des passagers et de l'équipage, notamment du fait des importantes quantités de gaz nécessaires à la manœuvre des dirigeables et du besoin de génération d'électricité dans le dirigeable
- La déclaration de l'activité auprès de la DSAC compétente
- La gestion de l'itinéraire de vol et la cohabitation avec la présence des avions dans les airs
- L'harmonisation des réglementations à l'échelle européenne et internationale en cas de voyages entre plusieurs pays

Pour aller plus loin :

Voir la Communauté des low-tech dans la mobilité, Adrastia, Origens Medialab, Strate école de design, Lafayette Anticipations, Inria STEEP, Sonora Lab, P2P Foundation : https://wiki.lafabriquedesmobilités.fr/wiki/Low_Tech_dans_la_mobilité ou la revue

² La réglementation qui s'applique aux dirigeables est l'arrêté du 4 janvier 2011 relatif aux conditions d'utilisation des ballons libres exploités par une entreprise de transport aérien ainsi que le règlement européen n° 2018/395 du 13 mars 2018

urbanités #12 / La ville (s)low tech (notamment l'article Marcher en ville : technique, technologie et infrastructure (s)low-tech)
<https://www.revue-urbanites.fr/12-monnet/>