HAL open science

Ergonomie et low-tech : représentations et attitudes vis-à-vis du low-tech, intention d'utilisation et problèmes perçus pour 10 low-techs

Antoine Martin, Clément Colin

▶ **To cite this version:**

Antoine Martin, Clément Colin. Ergonomie et low-tech : représentations et attitudes vis-à-vis du low-tech, intention d'utilisation et problèmes perçus pour 10 low-techs. [Rapport de recherche] Low-tech Lab. 2021. hal-03206053

HAL Id: hal-03206053

https://hal.science/hal-03206053v1

Submitted on 11 May 2021

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

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

Distributed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License

ERGONOMIE ET LOW-TECH

Représentations et attitudes vis-à-vis du low-tech.
Intention d'utilisation et problèmes perçus pour 10 low-techs.

Une étude d'Antoine Martin et Clément Colin

Diffusée par

LOW-TECH LAB

Avril 2021

ERGONOMIE ET LOW-TECH

Représentations et attitudes vis-à-vis du low-tech. Intention d'utilisation et problèmes perçus pour 10 low-techs.

AVRIL 2021

Citation : Martin, A., & Colin, C. (2021). *Ergonomie et low-tech. Représentations et attitudes vis-à-vis du low-tech. Intention d'utilisation et problèmes perçus pour 10 low-techs*. Low-tech Lab.

Ce rapport est mis à disposition selon les termes de la Licence Creative Commons Attribution 4.0 International. Vous êtes libres de partager et d'adapter les résultats sous réserve de créditer les auteurs.

SOMMAIRE DU RAPPORT

1. QUI SOMMES-NOUS ? 3
2. RÉSUMÉ EXÉCUTIF 3
3. INTRODUCTION 6
4. OBJECTIFS ET MÉTHODES D'ENQUÊTE 7
5. DESCRIPTION DE LA POPULATION INTERROGÉE 9
6. REPRÉSENTATIONS GÉNÉRALES SUR LE LOW-TECH 10
6.1 Visualisation des représentations à partir des opinions collectées 10
6.2 Exploration des représentations à partir de mots clés 11
7. ÉVALUATION GLOBALE DES 10 LOW-TECHS 13
7.1 Intention d'utilisation comparée des low-techs 13
7.2 Modes d'accès attendus 14
7.3 Catégories de problèmes perçus toutes low-techs confondues 15
8. ÉVALUATION DÉTAILLÉE DE CHAQUE LOW-TECH 18
8.1 Poêle de masse 19
8.2 Garde-manger 22
8.3 Chauffage solaire 25
8.4 Culture de pleurotes 28
8.5 Bélier hydraulique 31
8.6 Larves de mouches soldats noires 34
8.7 Chauffe-eau solaire 36
8.8 Toilettes sèches 39
8.9 Hydroponie 41
8.10 Lampe solaire 44
9. CONCLUSION 47
9.1 Résultats importants 47
9.2 Limites 48
9.3 Perspectives 49
10. ANNEXE : QUESTIONNAIRE DIFFUSÉ 50

1. QUI SOMMES-NOUS ?

Le **Low-tech Lab** (www.lowtechlab.org) est une association loi 1901 de documentation collaborative et de diffusion d'innovations utiles, accessibles et durables. Il vise à offrir des solutions pertinentes pour que chacun puisse répondre à ses besoins de base en accord avec son niveau de vie et ses convictions.

Antoine MARTIN est chercheur/consultant en ergonomie. Il s'intéresse notamment à l'énergie dans l'habitat. Vous pouvez retrouver l'ensemble de ses travaux de recherche en cliquant ici et son profil professionnel en cliquant ici. Il est bénévole au Low-tech Lab.

Clément COLIN est ergonome et doctorant. Son travail porte sur l'amélioration des expériences de partage d'objets physiques. Vous pouvez retrouver l'ensemble de ses travaux de recherche en cliquant ici et son profil professionnel en cliquant ici. Il est bénévole au Low-tech Lab.

Pour toute question sur le contenu de ce rapport, n'hésitez pas à contacter les auteurs !

2. RÉSUMÉ EXÉCUTIF

Encore restreintes (en France) à l'utilisation d'un cercle de passionnées et de passionnés, les low-techs ont pourtant une place de plus en plus importante dans l'imaginaire d'un futur soutenable. Pour que leur potentiel d'autonomie, de convivialité et de sobriété soit libéré, il est cependant nécessaire de les proposer à plus large échelle.

Répondant aux besoins humains d'une façon plus frugale, à rebours des méthodes de conception de la plupart des produits industriels, il est crucial d'accompagner la diffusion de ces low-techs par la prise en compte de leur utilisabilité. L'ergonomie (et plus récemment le design d'expérience utilisateur) propose des outils permettant d'étudier et d'améliorer les interactions utilisateurs/systèmes. L'objet de cette étude est d'appliquer certains de ces outils aux low-techs.

L'étude a pris la forme d'un questionnaire diffusé auprès de 400 personnes afin de collecter leurs représentations sur la démarche low-tech et de mesurer leurs attitudes vis-à-vis de 10 low-techs (Poêle de masse, Garde-manger, Chauffage solaire, Culture de pleurotes, Bélier hydraulique, Larves de mouches soldats noires, Chauffe-eau solaire, Toilettes sèches, Hydroponie, Lampe solaire ; cf. Figure 1).

Figure 1 : Images d'illustration des 10 low-techs étudiées (bélier hydraulique, chauffage solaire, chauffe-eau solaire, larves de mouches soldats noires, cultures de pleurotes, garde-manger, lampe solaire, toilettes sèches, culture hydroponique, poêle de masse).

Les résultats généraux de l'étude sont : une visualisation de la structure des représentations des répondants sur le low-tech, un classement des 10 low-techs par intention d'utilisation, les attentes en termes de mode d'accès et une catégorisation des problèmes signalés (toutes low-techs confondues). Enfin, l'étude a permis une exploration de l'expérience utilisateur perçue de chaque low-tech. Ces résultats sont résumés dans le tableau ci-dessous.

	Principaux résultats
Structure des représentations sur le low-tech (cf. section 6.1)	• L'étude a permis de collecter, sous la forme de courts textes, l'opinion des répondants sur la démarche low-tech. Une analyse statistique de ces textes a permis de catégoriser leur discours en 3 thèmes : les enjeux du low-tech (transition technique et sociétale), les conditions de la transition vers l'âge des low-techs (accessibilité, mise en œuvre au niveau individuel, aspects psychologiques) et les technologies à abandonner/adopter. • Ces points d'intérêts des répondants peuvent servir à structurer les communications des associations ou entreprises du low-tech sur des thèmes importants pour les répondants.
Classement des 10 low-techs par intention d'utilisation (cf. section 7.1)	• La mesure directe de l'intention d'utilisation des 10 low-techs permet d'établir 3 groupes. Les low-techs avec une forte intention d'utilisation (chauffe-eau solaire, toilettes sèches, garde-manger). Les low-techs avec une

	intention d'utilisation moyenne (chauffage solaire, poêle de masse, lampe solaire, culture de pleurotes). Les low-techs avec une faible intention d'utilisation (hydroponie, bélier hydraulique, larves de mouches). • Ces résultats donnent une première idée des technologies les plus à même d'être diffusées et celles qui nécessitent soit des améliorations, soit un public spécifique.
Attentes globales en termes de modes d'accès (cf. section 7.2)	• L'étude a permis de regrouper les modes d'accès en 3 catégories grâce aux réponses collectées : l'accès en autonomie, l'accès par l'achat et l'accès par l'apprentissage direct. • Ces résultats permettent de visualiser et de quantifier 3 types de modes d'accès que les associations et les entreprises pourraient offrir.
Problèmes les plus fréquents toutes low-tech confondues (cf. section 7.3)	• L'étude a permis de recueillir 692 problèmes toutes low-techs confondues. Ils ont été classés en 15 catégories : problèmes de compatibilité avec l'existant (171), problèmes d'information/connaissances/compétences (98), problèmes de fonctionnalités manquantes (74), problèmes de fabrication/installation (57), problèmes de performance (55), problèmes d'utilisabilité (40), problèmes de redondance avec l'existant (34), problèmes de sécurité/santé (31), problèmes d'entretien/maintenance (25), problèmes d'hédonisme (23), problèmes de compatibilité avec les valeurs (22), problèmes d'utilité (21), problèmes d'esthétique (19), problème d'impact environnemental (15), problèmes sociaux (7). • Ces catégories doivent être des points d'attention pour les concepteurs de low-techs. Elles peuvent être utilisées comme point de départ pour des questionnaires, test utilisateurs, analyses de l'activité etc.
Exploration des dimensions de l'expérience utilisateur de chaque low-tech (cf. section 8)	• L'étude a permis de collecter l'avis des répondants sur 4 dimensions de l'expérience utilisateur (utilité, utilisabilité, hédonisme, aspect social) des 10 low-techs. • Ces résultats permettent d'évaluer plus finement chaque low-tech et d'identifier pour chacune des points d'amélioration précis.

Important : En raison du mode de diffusion de l'enquête (questionnaire diffusé via la page FB du Low-tech Lab), l'échantillon est très favorable au « low-tech ». La question de la généralisation des résultats à d'autres publics se pose donc. Pour contourner ce biais, de futures recherches utilisateurs appliquées au low-tech devront s'ancrer davantage dans les besoins et l'activité réelle des utilisateurs cibles (ex : territoire spécifique, groupe d'individu

concerné etc.). Les limites de l'étude et des recommandations pour de futures recherches sont à retrouver en **parties 9.2 et 9.3**.

3. INTRODUCTION

« *Il y a tout un travail à faire autour du design pour rendre plus esthétique et (surtout) plus ergonomiques ces systèmes qui utilisent souvent des matériaux de récupération.* »[1] déclarait en 2019 l'un des co-fondateurs du Low-tech Lab (LTL).

Précisons d'abord ce qu'est l'ergonomie. L'ergonomie est la discipline qui vise la compréhension des interactions entre les humains et les autres composantes d'un système ainsi que leur amélioration. Les low-techs présentent un nouveau défi pour l'ergonomie : psychologie appliquée à l'utilisation d'objets frugaux, nouveaux indicateurs de la qualité de l'expérience utilisateur, adaptation à l'activité réelle des utilisateurs, identification des comportements (in)désirables etc. Du fait de son histoire, le terrain de l'ergonomie est encore souvent celui des high-techs (voitures connectées, logiciels etc.)

C'est pour contribuer à la diffusion des low-techs que l'étude, menée par questionnaire au cours de l'été 2020, a été lancée. Elle se place dans la continuité d'une première prise en compte de l'ergonomie lors de l'expérimentation sur l'habitat durable[2]. Le besoin du Low-tech Lab était d'identifier les problèmes ergonomiques, intentions d'utilisation et modes de diffusion pour 10 low-techs (Poêle de masse, Garde-manger, Chauffage solaire, Culture de pleurotes, Bélier hydraulique, Larves de mouches soldats noires, Chauffe-eau solaire, Toilettes sèches, Hydroponie, Lampe solaire). En plus de ces objectifs « micro », l'étude a également répondu à un objectif « macro » de mesure des représentations générales qu'a le public sur la démarche low-tech.

Les résultats présentés dans ce document aideront le lecteur à identifier les low-techs prêtes à être diffusées, les informations nécessaires à présenter pour chaque low-tech, leurs points d'améliorations et à calibrer de futures études sur l'amélioration ergonomique des low-techs.

Cette étude étant un premier pas, elle se consacre à la mesure de la perception des qualités ergonomiques des low-techs. L'ergonomie étant une discipline qui s'attache à décrire le « réel », des études complémentaires sur l'utilisation des low-techs en situation resteront incontournables ; notamment pour dépasser le fossé entre l'attitude déclarée (qui peut être biaisée par la désirabilité sociale des low-techs, par exemple) et le comportement réel[3].

---

[1] Nahmias, M. (2019). Système D comme désirable. *Socialter Hors-Série : L'Avenir Sera Low-Tech*, 6, 39–41.

[2] Lévêque, P.-A., & Chabot, C. (2020). *Habitat low-tech*. Low-tech Lab. https://lowtechlab.org/fr/le-low-tech-lab/les-actions/habitat-low-tech

[3] En anglais « value-action gap », « attitude-behavior gap », « intention-behavior gap », « knowledge-attitudes-practice gap », « belief-behavior gap » etc. Ce fossé correspond à la différence entre

Le rapport est structuré en 5 grandes parties :

1. Présentation des objectifs et de la méthode d'enquête (section 4) ;
2. Description de la population interrogée (section 5) ;
3. Analyse des résultats généraux concernant les représentations sur la démarche low-tech (section 6) ;
4. Analyse des résultats concernant l'intention d'utilisation, les modes d'accès et les problèmes recensés toutes low-techs confondues (section 7) ;
5. Analyse des résultats individuels de chacune des 10 low-techs en termes d'expérience utilisateur perçue, problèmes perçus et modes d'accès souhaités (section 8).

4. OBJECTIFS ET MÉTHODES D'ENQUÊTE

L'étude a été menée par questionnaire sur un échantillon de 400 personnes entre juillet et août 2020 (le questionnaire complet est disponible en Annexe). Le questionnaire a été diffusé par Facebook via la page du Low-tech Lab (majoritairement) et via des groupes à thématique environnementale généraliste (minoritairement). Les 10 low-techs étudiées dans le questionnaire ont été choisies par le LTL parmi celles qui reçoivent le plus de visites sur son site (Poêle de masse, Garde-manger, Chauffage solaire, Culture de pleurotes, Bélier hydraulique, Larves de Mouches soldats noires, Chauffe-eau solaire, Toilettes sèches, Hydroponie, Lampe solaire). La plupart sont issues d'une expérimentation sur l'habitat low-tech (lien vers le rapport d'expérimentation). Chaque répondant devait évaluer 2 low-techs, ce qui donne un total de 80 répondants par low-tech en moyenne.

Le **premier but** de l'étude était de mesurer les représentations[4] vis-à-vis du low-tech pour à la fois guider la communication du LTL et comprendre la structure de l'opinion des répondants. Pour cela ils devaient donner leur opinion sur la démarche low-tech en quelques lignes et lister les 3 mots qui représentaient le plus le low-tech selon eux.

Le **deuxième objectif** était d'identifier les technologies prêtes à être diffusées et de les comparer entre elles. Pour cela, nous avons mesuré l'intention d'utilisation (ou *acceptabilité*) des 10 low-techs de 2 façons afin de pouvoir croiser les méthodes.

---

l'intention d'utilisation mesurée *a priori* et le passage à une utilisation réelle de l'objet. Ce fossé peut être dû à la désirabilité sociale des pratiques étudiées, à un défaut d'information, à la primauté des considérations matérielles dans le passage à l'action (budget, temps, complexité), à des biais cognitifs (ex : biais de licence morale) etc.

[4] Les connaissances et la structure des connaissances qu'un individu a sur « objet » (lieu, outil, personne, concept etc.).

Une première méthode, directe et « macro », consistait à auto-évaluer son intention de posséder la low-tech en répondant à une question (échelle de 1 à 5).

La seconde méthode, indirecte et « micro », consistait à évaluer la perception de la low-tech en fonction de 4 dimensions connues pour contribuer à l'intention d'utilisation. L'évaluation de ces dimensions visait à détailler les éléments problématiques pouvant engendrer une faible intention d'utilisation. Les 4 dimensions évaluées sont l'utilité[5] perçue, la simplicité d'utilisation perçue, l'hédonisme perçu et la dimension sociale[6] perçue. Elles sont issues de modèles scientifiques de l'expérience utilisateur (UTAUT, TAM etc.) et sont des prédicteurs de l'acceptabilité. Les 4 dimensions ont été évaluées sur une échelle de 1 à 5, en réaction aux propositions suivantes :

- **Utilité perçue :** Ce [nom du dispositif] low-tech serait utile dans ma vie quotidienne.
- **Simplicité d'utilisation perçue :** Ce [nom du dispositif] low-tech me paraît simple à utiliser.
- **Hédonisme perçu :** Utiliser [nom du dispositif] low-tech serait plaisant.
- **Dimension sociale perçue :** Je recommanderais ce [nom du dispositif] low-tech aux personnes importantes pour moi.

Le **troisième but** était d'identifier les pistes d'amélioration des 10 low-techs en apportant un contrepoint qualitatif à la méthode précédente. Pour cela, les répondants devaient lister dans une zone de texte libre les problèmes potentiels de la low-tech et les améliorations attendues. Ce résultat permettra au LTL d'identifier les idées reçues, de rassurer les utilisateurs potentiels et de trouver des pistes de conception.

Le **quatrième objectif** était de connaître les modes d'accès attendus pour les 10 low-techs. Pour cela, les répondants devaient cocher un ou plusieurs modes d'accès préférés parmi 7 possibles : les plans, la formation, le chantier participatif, le kit à monter et à installer, le produit déjà monté et prêt à installer, l'installation par un professionnel. Ils pouvaient également refuser tous les modes d'accès ou en proposer d'autres. Ce résultat permettra au LTL d'adapter les modes de diffusions des low-techs étudiées.

En résumé les 4 objectifs de l'études étaient :

1. Contribuer à guider la communication du LTL et comprendre l'opinion du public
2. Identifier les low-techs prêtes à être diffusées
3. Identifier les faiblesses et pistes d'améliorations pour chaque low-tech
4. Identifier les modes d'accès attendus

Le traitement des réponses qualitatives (textes) a été fait à l'aide du logiciel IRaMuTeQ 0.7.2 (www.iramuteq.org) ou par analyse manuelle. Le traitement des réponses quantitatives (évaluations par des échelles de Likert) a été fait à l'aide du logiciel Jamovi 1.2.16 (www.jamovi.org).

[5] Capacité de la low-tech à répondre aux objectifs de l'utilisateur.
[6] Influence des autres sur le comportement du répondant.

5. DESCRIPTION DE LA POPULATION INTERROGÉE

Les participants aux questionnaires étaient 152 femmes et 244 hommes âgés en moyenne de 34 ans (écart-type = 10 ans).

Les participants étaient caractérisés par un niveau de connaissance intermédiaire du low-tech (moyenne = 2,61 sur une échelle allant de 1 à 5 ; écart-type = 0,97). En raison du faible nombre de personnes avec une connaissance « experte », nous n'avons pas fait de comparaison entre ces personnes et le reste de l'échantillon.

Enfin, les participants ont déclaré une attitude très positive envers le low-tech (moyenne = 4,73 sur une échelle allant de 1 à 5 ; écart-type = 0,55). En raison du très faible nombre de personnes avec une attitude « négative », nous n'avons pas fait de comparaison entre ces personnes et le reste de l'échantillon.

Dans la suite du document, les résultats présentés sont valables pour une population similaire à celle décrite ici, c'est à dire avec un niveau de connaissance moyen du low-tech et une attitude très positive. Les résultats ne sont pas nécessairement valables pour des sceptiques ou des experts du low-techs (mais ils peuvent l'être).

6. REPRÉSENTATIONS GÉNÉRALES SUR LE LOW-TECH

6.1 Visualisation des représentations à partir des opinions collectées

À la fin du questionnaire, il était demandé aux répondants leur opinion sur la démarche low-tech. Leurs réponses ont été traitées grâce à des techniques d'analyses lexicales. Ces dernières s'appuient sur les statistiques textuelles afin d'objectiver le contenu des réponses. Plus précisément, la méthode employée (classification hiérarchique descendante) permet d'identifier les thèmes significativement évoqués dans le discours des interrogés en les regroupant par classes lexicales (voir Figure 2). Les thèmes ont été nommés par les auteurs de l'étude à partir des résultats de la classification hiérarchique descendante. La surface des rectangles de couleurs représente la proportion du thème dans le discours des répondants.

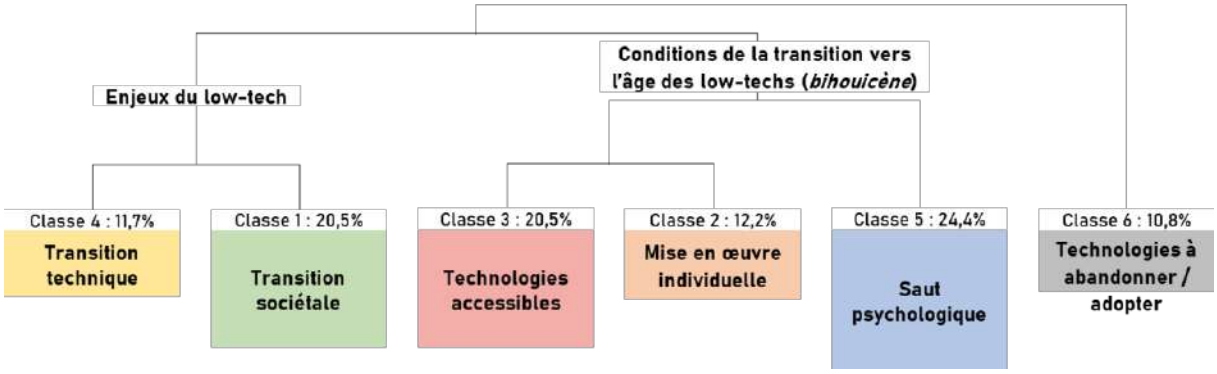

Figure 2 : Dendrogramme représentant les thèmes significativement évoqués concernant le low-tech.

La Figure 2 montre des discours qui traitent de trois grandes thématiques : i) les enjeux du low-tech, ii) les conditions de la transition vers l'âge des low-techs (le *bihouicène*) et iii) les technologies à adopter/abandonner. Les deux premières thématiques sont divisées en classes (respectivement 2 et 3).

Thème 1 : Les enjeux du low-tech

- La classe 1 porte sur l'enjeu de transition technique que porte le low-tech (« environnemental », « énergétique » etc.) ;

- La classe 4 porte sur l'enjeu de transition sociétale que porte le low-tech (« mode de vie responsable », « décroissance » etc.).

Thème 2 : Les conditions de la transition vers l'âge des low-techs

- La classe 3 porte sur la nécessité d'avoir des technologies accessibles (« faciles », « ouvertes », « démocratiques » etc.) ;
- La classe 2 porte sur la nécessité de pouvoir mettre en œuvre individuellement le low-tech (« fabrication », « utilisation » etc.) ;
- La classe 5 porte sur la nécessité d'un saut psychologique (« convaincre », « prendre conscience » etc.).

Thème 3 : Les technologies à adopter et celles à abandonner

- La classe 6 porte sur les technologies qui sont jugées utiles et qui ne nécessitent pas d'être abandonnées (« frigo ») et les technologies jugées superflues (« gadget ») ou les composants jugés superflus (« électronique »).

Ce résultat peut être utilisé pour organiser et orienter des contenus sur le low-tech (ex : arborescence d'un site web, projet de recherche, communication…) en reprenant une structure similaire à celle des représentations des utilisateurs. Ainsi le LTL, ou d'autres organisations sur le low-tech, pourraient mettre en avant l'aspect politique du low-tech (en traitant explicitement les enjeux de transition techniques et sociétale). Par ailleurs, elles pourraient explicitement faire références aux « conditions » de l'émergence généralisées des low-techs : l'accessibilité des low-techs, la façon de les mettre en œuvre et les aspects psychologiques. Enfin, elles pourraient clarifier les technologies remplaçables par des équivalents low-tech.

Comme pour la section suivante (6.2), ces éléments constituent pour les répondants, des critères que doivent remplir le low-tech.

6.2 Exploration des représentations à partir de mots clés

À la fin du questionnaire, il était demandé aux participants de lister les 3 mots qui leur venaient spontanément à l'esprit concernant les low-techs. Au total 743 mots ont été récoltés. Les mots identiques ou avec une signification proche ont été regroupés dans la même thématique (ex : les réponses « c'est le futur » et « avenir » ont été regroupées sous la même thématique, « avenir »). Finalement, 173 catégories uniques ont émergé, la majorité d'entre elles ne regroupant que 2 occurrences ou moins (voir Figure 3).

Sur les 20 premières thématiques (représentant 60% des mots collectés), on retrouve en tête les mots utilisés par le Low-tech Lab pour définir le domaine (utile, durable, accessible) à laquelle se joint la simplicité. Au tout début du questionnaire la définition des low-techs par le LTL était rappelée, ce qui a pu influencer les réponses.

Ces mots représentent ce qui fait une low-tech pour la population sondée. Ce sont donc des thématiques qui pourraient être utilisées pour décrire des low-techs de façon parlante pour les citoyens. Ils peuvent également servir à classer une technologie comme étant low-tech ou non, et servir comme critères de base pour « rendre low-tech » une technologie.

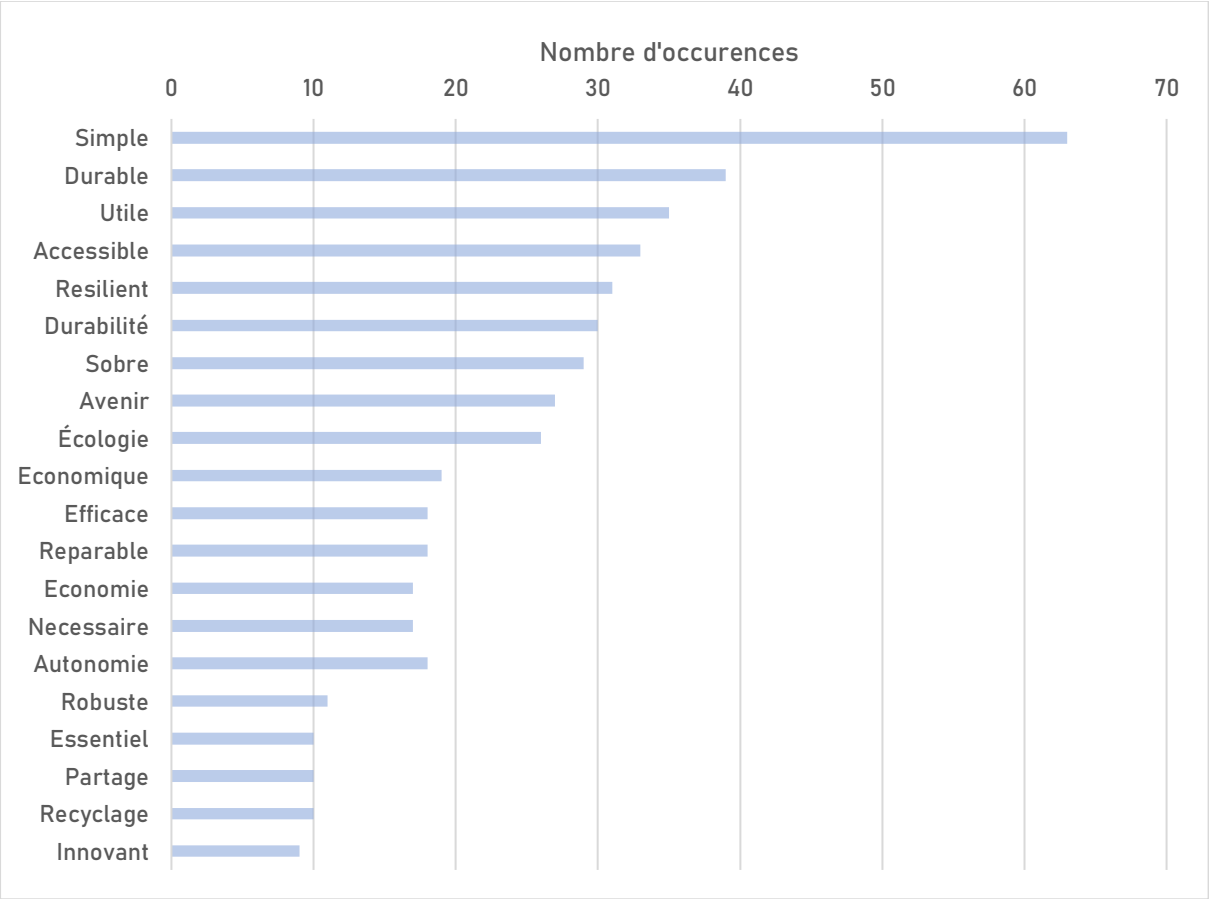

Figure 3 : Histogramme des thèmes les plus souvent évoquées concernant le low-tech. Dans un souci de lisibilité seules les thèmes regroupant plus de 9 mots ont été retenus pour ce graphique, ils représentent 63% des mots récoltés.

7. ÉVALUATION GLOBALE DES 10 LOW-TECHS

7.1 Intention d'utilisation comparée des low-techs

Après une brève description de chaque low-tech, il était demandé aux répondants d'auto-évaluer leur intention d'utilisation, c'est-à-dire de déclarer une intention d'avoir (ou non) la low-tech chez eux. Cette mesure « macro » agrège donc de nombreux paramètres : utilité perçue, aspect désirable etc. sans qu'il soit possible d'en dégager les effets individuels sur la réponse des participants au questionnaire. Il s'agit donc d'une mesure facile à faire (une seule question) mais générale (impossible d'en comprendre les déterminants), contrairement aux indicateurs utilisés dans la section 8.

La Figure 4, ci-dessous, classe les 10 low-techs de l'intention d'utilisation la plus forte à la plus faible. Elles ont été réparties en 3 groupes :

- **Forte intention d'utilisation (>4) :** chauffe-eau solaire, toilettes sèches, garde-manger
- **Intention d'utilisation moyenne (entre 3 et 4) :** chauffage solaire, poêle de masse, lampe solaire, culture de pleurotes
- **Faible intention d'utilisation (<3) :** hydroponie[7], bélier hydraulique, larves de mouches

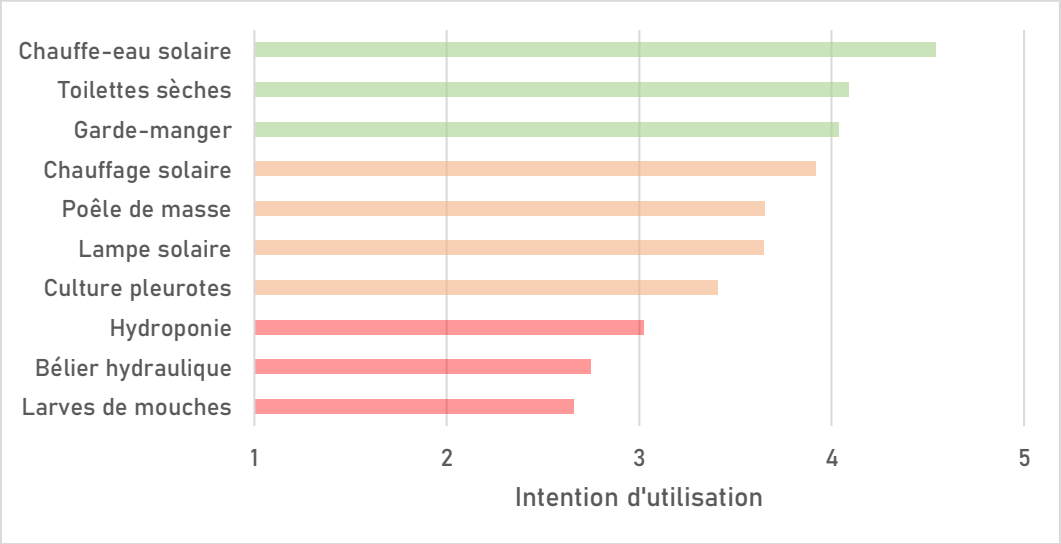

Figure 4 : Intention d'utilisation des 10 prototypes

[7] L'hydroponie a une intention d'utilisation très proche de 3 (3,025), elle a donc été classée dans la catégorie « faible intention d'utilisation ».

Il y a trois façons de considérer ces résultats, i) soit les technologies mal notées sont à améliorer pour les rendre plus intéressantes pour les sondés, ii) soit les technologies mal notées doivent être remplacées par d'autres low-techs répondant mieux aux besoins des répondants, iii) soit ces low-techs doivent être diffusées auprès d'un public plus spécialisé qui pourrait y trouver un intérêt (ex : maraîchers pour le bélier hydraulique). Les low-techs à forte intention d'utilisation semblent prioritaires pour de futurs efforts de diffusion (communication, formations, démonstrateurs, commercialisation en kit etc.). Les low-techs à intention d'utilisation moyenne peuvent être améliorées à l'aide des résultats de la section 8. Attention, il n'est pas dit que d'autres low-techs non testées dans l'étude n'aient pas une intention d'utilisation encore meilleure.

7.2 Modes d'accès attendus

L'analyse statistique dite « en composantes principales » (ACP) des réponses à la question sur les modes d'accès préférés aux low-techs indique que ces derniers sont significativement regroupables dans 3 grandes catégories (voir Figure 5) :

- L'accès en autonomie (N=1361)
- L'accès par l'achat (N=681)
- L'accès par apprentissage direct (N=541)

Par ailleurs, les préférences des participants pour les modes d'accès varient significativement en fonction des prototypes, c'est-à-dire que les attentes sont objectivement différentes en fonction des spécificités de chaque low-tech (les variations de mode d'accès attendus entre les low-techs ne sont pas liées au hasard).

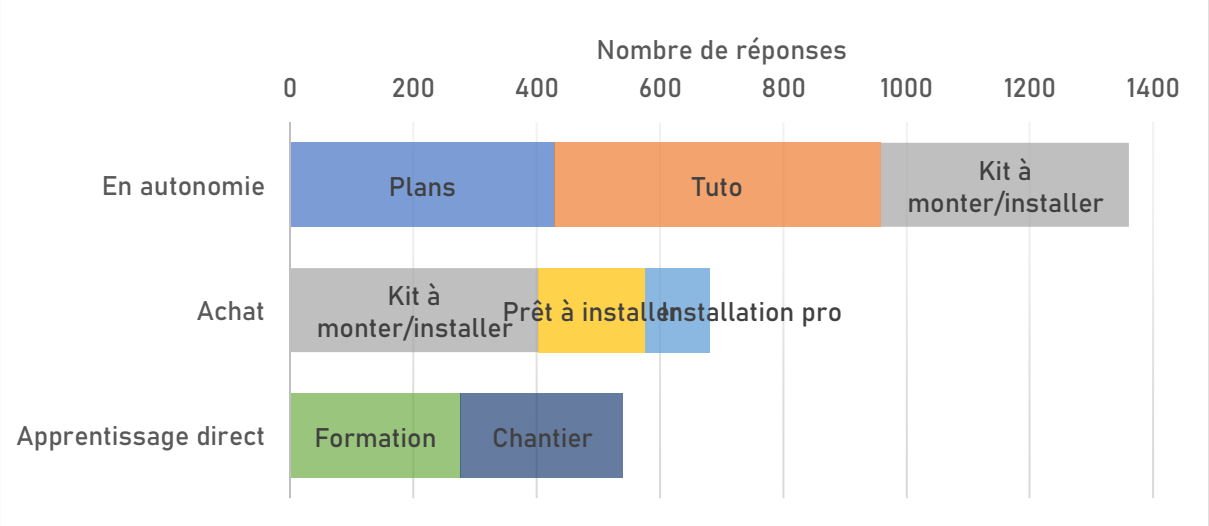

Figure 5 : Les 3 grandes catégories d'accès au low-tech. Le kit à monter/installer est présent dans 2 catégories car il comporte à la fois une dimension d'achat et une dimension d'autonomie.

En regardant le graphique on remarque que les modes d'accès « historiques » (en autonomie totale) au low-tech sont les plus nombreux, c'est-à-dire les tutoriels (N=529) et les plans (N=429).

Le kit à monter et à installer, qui est un compromis entre un mode d'accès « historique » et un mode d'accès « grand public » (l'achat clé en main), est également très représenté (N=403). Il représente une alternative réaliste aux modes d'accès en autonomie totale qui sont chronophages et demandent une certaine expertise.

L'achat prêt à installer (N=158) et l'installation professionnelle (N=107) sont moins plébiscités. Cela pourrait s'expliquer par le fait qu'ils soient peu valorisés par les groupes « low-tech » dont viennent la majorité de nos répondants ; il serait intéressant de développer ce résultat auprès d'un public plus large pour voir si ce mode d'accès est plus attractif pour lui (car plus proche du mode d'accès dominant à la technologie : l'achat direct).

Enfin les modes d'accès par apprentissage direct intéressent également les répondants : formation (N=277) et chantier (N=264) ; mais moins que les deux autres.

Enfin, au travers des réponses libres, 9 modes d'accès (ou de facilitation à l'accès) non envisagés lors de la préparation de l'étude ont pu être identifiés :

- Atelier[8] partagé dédié à la fabrication de low-tech
- Formation en ligne
- Démonstrateur
- Système de prêt
- Calculateur de besoins énergétique
- Calculateur du gisement énergétique
- Soutien administratif et juridique
- Carte des professionnels/particuliers locaux avec une expertise low-tech
- Carte des « bons plans » locaux pour sourcer les matériaux

7.3 Catégories de problèmes perçus toutes low-techs confondues

Afin de donner une vue générale des problèmes fréquemment perçus par les répondants, l'ensemble des 692 problèmes signalés (toutes low-techs confondues) ont été regroupés en 15 catégories (voir Figure 6). L'objectif de ce regroupement est de donner une vue d'ensemble des origines possibles des problèmes du point de vue des utilisateurs. Ces problèmes peuvent alors être ciblés dès la phase de conception comme autant de critères à remplir par la low-tech. Ces problèmes peuvent, par exemple, servir de point de départ à la création de tests utilisateurs, d'inspections ergonomiques ou de questionnaires.

Les problèmes recueillis regroupent à la fois des craintes liées à un manque d'information ou d'expertise ou des problèmes réels expérimentés par les répondants lors de leurs contacts avec les low-techs.

[8] Au sens de « lieu », pas de « formation ».

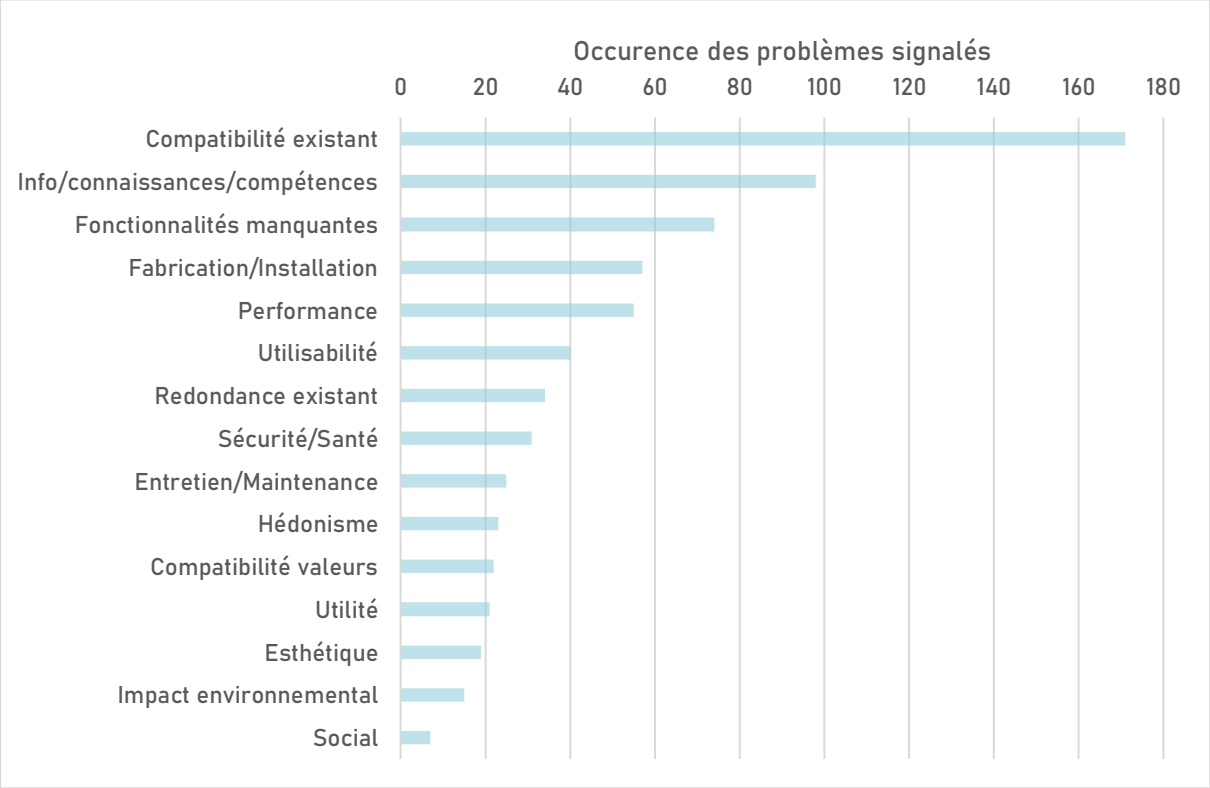

Figure 6 : Catégories de problèmes perçus toutes low-techs confondues (unité de l'axe des ordonnées : nombre de problèmes signalés).

Quelques explications et exemples sur ces 15 catégories :

- **Problèmes de compatibilité avec l'existant (171) :** cette catégorie regroupe les incompatibilités entre les conditions de vie de l'utilisateur et les contraintes de la low-tech. L'essentiel de ces problèmes est représenté par l'incompatibilité entre la low-tech et le logement en ville (appartement), par exemple, l'impossibilité d'installer un chauffe-eau solaire dans un appartement de location ou sans balcon.
- **Problèmes d'information/connaissances/compétences (98) :** cette catégorie regroupe les déficits d'information ou de formation des utilisateurs. L'essentiel de ces problèmes est représenté par un manque d'information sur les bénéfices de la low-tech, sur ses contraintes de fonctionnement et par un manque de compétences perçues. Par exemple, des répondants signalent qu'ils souhaiteraient des retours d'expérience sur l'utilisation du poêle de masse ou des comparatifs avec d'autres technologies comme la pompe à chaleur.
- **Problèmes de fonctionnalités manquantes (74) :** cette catégorie correspond à des problèmes d'utilité (inadéquation avec les objectifs du répondant). Elle regroupe les souhaits de fonctionnalités supplémentaires, par exemple la possibilité d'orienter le chauffe-eau solaire.
- **Problèmes de fabrication/installation (57) :** cette catégorie regroupe des inquiétudes concernant la phase de fabrication ou d'installation de la low-tech. Par exemple, pour

le chauffage solaire il s'agit de la difficulté à raccorder le chauffage avec le circuit d'air de la maison.

- **Problèmes de performance (55) :** cette catégorie regroupe les limites des performances techniques des low-techs par rapport aux attentes des utilisateurs. Il s'agit là aussi d'un problèmes d'utilité (inadéquation avec les objectifs du répondant). Par exemple, pour la lampe solaire, un manque de puissance de l'éclairage est signalé.
- **Problèmes d'utilisabilité (40) :** cette catégorie regroupe les limites en termes de facilité d'utilisation des low-techs. Par exemple, pour l'élevage de mouches soldats noires, une difficulté à séparer les larves du compost est signalée.
- **Problèmes de redondance avec l'existant (34) :** cette catégorie regroupe des problèmes d'utilité (inadéquation avec les objectifs du répondant). Plus précisément, il s'agit des fonctions déjà permises par d'autres technologies possédées par les répondants. Par exemple, pour l'hydroponie, certains répondants trouvent la low-tech redondante avec leur potager « classique ».
- **Problèmes de sécurité/santé (31) :** cette catégorie regroupe des problèmes liés à des risques pour l'intégrité du répondant, de son entourage ou de ses biens. Par exemple, pour le poêle de masse, certains répondants signalent une crainte d'émission de gaz toxiques ou de brûlures de leurs enfants.
- **Problèmes d'entretien/maintenance (25) :** cette catégorie regroupe des problèmes liés à l'usage à long terme des low-techs. Par exemple, pour le chauffe-eau solaire, il s'agit de la difficulté perçue à entretenir soi-même la low-tech.
- **Problèmes d'hédonisme (23) :** cette catégorie regroupe des problèmes liés à un manque de plaisir dans l'utilisation des low-techs. Par exemple, les odeurs des toilettes sèches ou la présence de mouches soldats noires.
- **Problèmes de compatibilité avec les valeurs (22) :** cette catégorie regroupe des problèmes liés à l'incompatibilité perçue entre les valeurs du mouvement low-tech ou de la personne et la low-tech évaluée. Il s'agit, par exemple, de la désapprobation pour la culture « hors sol » dans le cas de la culture de pleurotes ou de l'hydroponie.
- **Problèmes d'utilité (21) :** cette catégorie regroupe les problèmes d'utilité (inadéquation avec les objectifs du répondant) qui ne sont ni des problèmes de fonctionnalité manquantes, ni des problèmes de performance, ni des problèmes de redondance avec l'existant. Il s'agit, par exemple, pour la culture de pleurotes, de l'inadéquation de la low-tech avec les besoins des répondants qui n'aiment pas les champignons.
- **Problèmes d'esthétique (19) :** cette catégorie regroupe les problèmes liés à l'aspect visuel des low-techs. Par exemple, pour le chauffage solaire, un répondant exprime sa crainte que la low-tech fasse « verrue » sur sa façade.
- **Problème d'impact environnemental (15) :** cette catégorie regroupe les problèmes liés aux externalités négatives des low-techs. Pour le poêle de masse, il s'agit par exemple, d'une crainte de déforestation si son usage est généralisé.
- **Problèmes sociaux (7) :** cette catégorie regroupe les problèmes liés aux frictions générées dans la relation avec les autres lors de l'utilisation des low-techs. Il s'agit, par exemple, pour les toilettes sèches de la crainte du jugement des invités.

8. ÉVALUATION DÉTAILLÉE DE CHAQUE LOW-TECH

La section 8 regroupe les analyses détaillées de la qualité ergonomique de chaque low-tech. Chaque sous-partie commence par une courte description et une photo de la low-tech concernée : ce sont les mêmes informations que celles présentées aux répondants dans le questionnaire. Ces 2 éléments ayant servis de base aux répondants pour se former (ou compléter) un avis, il est important de les rappeler au moment de leur interprétation.

Pour chaque low-tech nous proposons 3 types de résultats :

- L'analyse de 4 dimensions de l'expérience utilisateur (voir Figure 7)
  - Utilité perçue
  - Simplicité d'utilisation perçue
  - Dimension sociale perçue
  - Plaisir d'utilisation perçu
- La liste des grandes catégories de problèmes signalés par les répondants. Les problèmes récoltés peuvent être perçus à partir de la description et de l'image donnés ou connus par expérience personnelle. Les problèmes similaires ont été regroupés dans des grandes catégories pour faciliter la lecture.
- L'analyse des modes d'accès à la low-tech souhaités par les répondants.

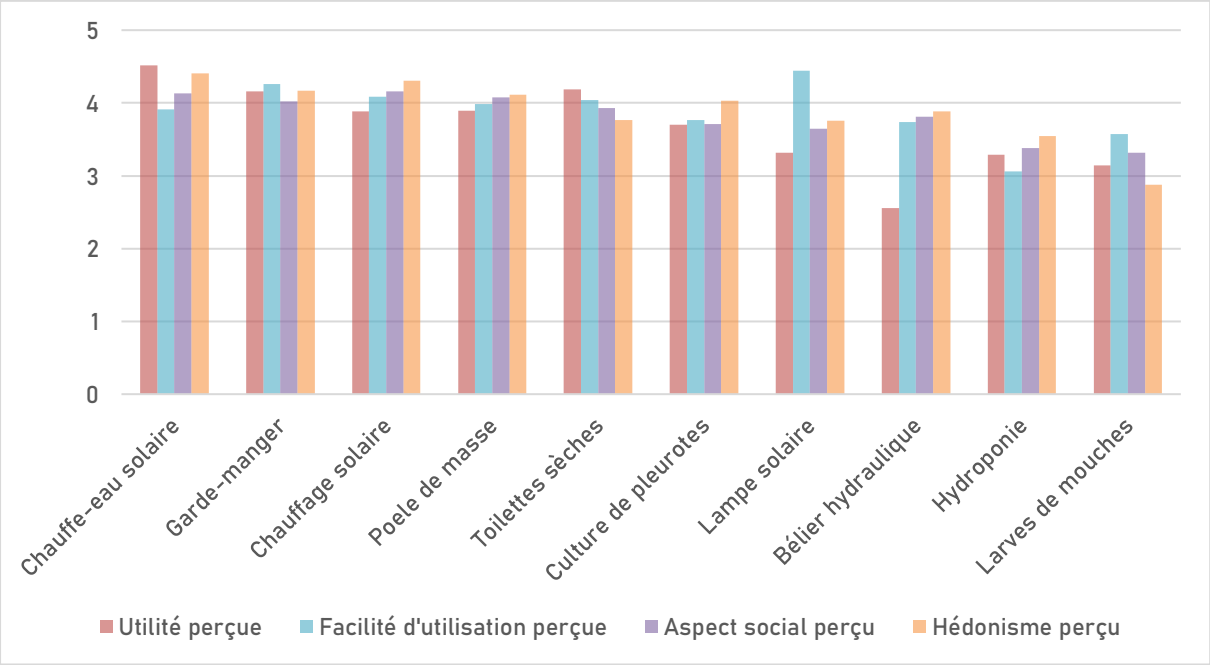

Figure 7 : Les 4 dimensions de l'expérience utilisateur des 10 prototypes

8.1 Poêle de masse

Enjeux

Le chauffage de l'habitat représente plus de 2/3 de la consommation énergétique d'un ménage. Réduire nos consommations d'énergies fossiles et nucléaires sur ce poste est un enjeux environnemental majeur et est économiquement intéressant.

Description

Un poêle de masse est un appareil de chauffage principal au bois. Sa masse constituée de matériaux lourds (pierre, brique ou béton) stocke l'énergie d'une flambée quotidienne unique et intense et restitue longuement la chaleur une fois le feu éteint. La chaleur accumulée est diffusée principalement par rayonnement et dans un pourcentage moindre par convection.

Ce poêle, à fois à haut rendement et de masse, réalisé avec des matériaux locaux ou de récupération, est un système pertinent dans le cadre d'une transition énergétique individuelle.

8.1.1 PERCEPTION DE 4 DIMENSIONS DE L'EXPERIENCE UTILISATEUR

L'intention d'utilisation du poêle de masse déclarée directement par les répondants (voir 7.1) est moyenne, la low-tech se classant en cinquième position parmi les 10 low-techs testées. Dans cette section nous allons approfondir cette intention d'utilisation via 4 dimensions perçues de l'expérience utilisateur : l'utilité, la facilité d'utilisation, l'hédonisme et l'aspect social. Sur la totalité de l'échantillon, la low-tech a été évaluée par une sous-population de 81 personnes avec une expertise moyenne de 2,62 (sur 5) et une attitude très positive vis-à-vis du low-tech (4,79 sur 5).

Les 4 indicateurs (voir Figure 8) sont bons (quasiment tous à 4 sur 5).

L'utilité perçue est un peu plus basse (3,89). Cela s'explique au vu des problèmes signalés pour cette LT : la première catégorie de problèmes remontés est en effet liée à l'incompatibilité du poêle de masse avec l'existant (location, appartement, location etc.). Cela souligne le rôle très contextuel de cette low-tech, elle nécessite un contexte particulier pour intéresser (absence de chauffage, espace etc.).

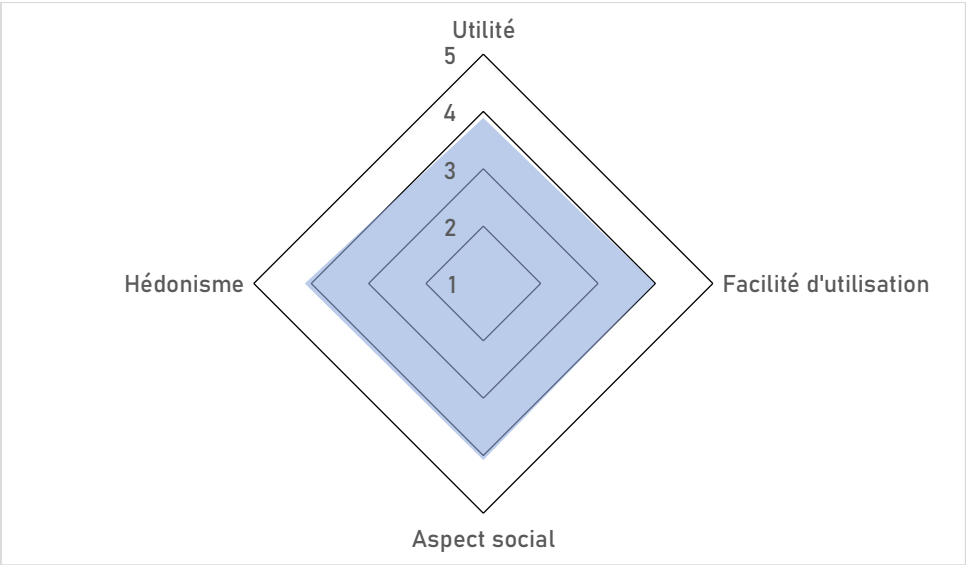

Figure 8 : Dimensions de l'expérience utilisateur *du poêle de masse.*

8.1.2 PROBLEMES IDENTIFIES

Les répondants ont évoqué 102 problèmes (regroupés en 16 catégories). Les problèmes peuvent être issus d'expériences passées avec la low-tech ou d'une projection dans son utilisation future (ces problèmes étant donc moins représentatifs de problèmes « réels » que les précédents).

- **Encombrement (19)** : encombrement du poêle de masse par rapport à l'appartement actuel ; logement pas adapté ; poids pour le mettre dans une *tiny house*
- **Facilité d'utilisation (14)** : difficulté d'accéder au bois, rechargement en bois fréquent ; allumage long et à chaque retour dans le domicile ; difficulté de contrôler et d'optimiser la chaleur ; gestion du stock de bois, entretien nécessaire ; décaler la cheminée pour un accès plus facile, taille des morceaux de bois
- **Risques d'accident/santé (12)** : crainte d'émissions de gaz toxiques (CO, fumées, particules fines…) ; risque pour les enfants, risque d'incendie
- **Information (9)** : le manque de retours d'expérience ; la comparaison avec d'autres techniques comme la pompe à chaleur ; les informations sur les caractéristiques du poêle (température, durée de chauffe, tenue dans le temps du poêle, efficacité, transformation d'un poêle existant) ; la connaissance du type de bois à utiliser ; la difficulté à trouver un stage ; l'accès à des professionnels compétents
- **Redondance existant (5)** : redondance par rapport l'existant : poêle à pellet, chauffage collectif, logement bien isolé, cheminée
- **Certification (5) :** possibilité de certifier, respecter des normes de sécurité ou de s'assurer
- **Externalités négatives (5)** : déforestation ; émissions de CO_2
- **Installation (5)** : nécessité d'un système sans cheminée (ventouse) ; difficulté à installer ; pas de prise d'air comburant ; travaux nécessaires pour l'évacuation
- **Pouvoir contempler le feu (5)**

- **Performances techniques limitées (5)** : l'autonomie courte ; la capacité de chauffage potentiellement insuffisante ; l'efficacité limitée de la combustion ; la fiabilité par rapport aux offres commerciales
- **Fonctions manquantes (4)** : fonction eau chaude ; fonction cuisine ; ajouter une vitre pour éclairer la pièce avec le feu
- **Esthétique (4)**
- **Fabrication (4)** : les connaissances qui manquent pour savoir fabriquer seul ou pour trouver les matériaux
- **Interopérabilité (3)** : interopérabilité avec l'existant : RT2012, pièce chauffée, système de chauffage en place
- **Supervision (2)** : nécessité de superviser le poêle en permanence
- **Nécessité de matériel supplémentaire (1) :** broyeuse à bois

8.1.3 MODES DE DIFFUSION ATTENDUS

Le poêle de masse est une low-tech qui peut paraître complexe et comporte des enjeux de sécurité importants (voir section précédente). La Figure 9, montre qu'en réaction les répondants privilégient un mode d'accès semi-professionnel (achat d'un kit à monter ou d'un poêle prêt à installer). Les tutoriels et plans, mode d'accès « historique » des LT, restent malgré tout fortement demandés.

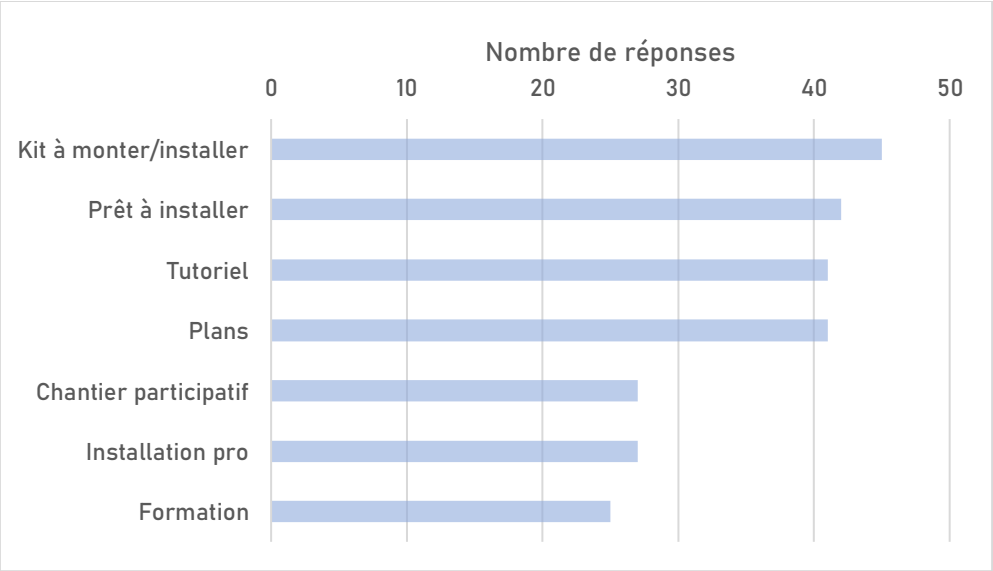

Figure 9 : Modes d'accès attendus au poêle de masse.

8.2 Garde-manger

Enjeux

Aujourd'hui, dans le monde, 1/3 des aliments produits sont jetés. Les foyers sont responsables du tiers de ce gaspillage. En cause, une mauvaise connaissance des ambiances de conservation par aliment, des problématiques de design du produit (les aliments les plus vieux se retrouvent au fond) et des problématiques d'organisation de la part des consommateurs.

Description

Le garde-manger, autrefois très répandu, notamment dans les campagnes, est en général un meuble grillagé suspendu, souvent à l'extérieur d'une maison. On y conserve certains types d'aliments, à l'abri des attaques (rongeurs, insectes, etc.). Il a connu un déclin dès l'arrivée des réfrigérateurs. Aujourd'hui, une bonne partie du gaspillage alimentaire domestique se réalise dans le réfrigérateur.

Le garde-manger est intéressant car il stimule la consommation d'aliments vertueux (fruits, légumes, denrées sèches) qui s'y conservent très bien, il ne consomme pas d'énergie et peut être produit très localement.

8.2.1 PERCEPTION DE 4 DIMENSIONS DE L'EXPERIENCE UTILISATEUR

L'intention d'utilisation du garde-manger déclarée directement par les répondants (voir 7.1) est bonne, la low-tech se classe effectivement en troisième position parmi les 10 low-techs testées. Sur la totalité de l'échantillon, la low-tech a été évaluée par une sous-population de 82 personnes avec une expertise moyenne de 2,61 (sur 5) et une attitude positive vis-à-vis du low-tech (4,79 sur 5).

Il faut noter que la compréhension de la low-tech et de son intérêt a été limitée par la description fournie aux participants. En effet, seule une des photos affichées sur la page dédiée du wiki (lien) a été présentée dans le questionnaire, c'est-à-dire l'ambiance 2 (sec, aéré, sombre).

Les 4 indicateurs (voir Figure 10) sont très bons (au-dessus de 4).

La facilité d'utilisation perçue est en tête puisqu'elle apparaît aux répondants comme un « simple » tiroir. Cependant, cette simplicité d'utilisation est aussi vue comme une limite puisqu'il s'agit d'une des low-techs avec le plus de suggestions d'ajout de fonctionnalités (voir section suivante).

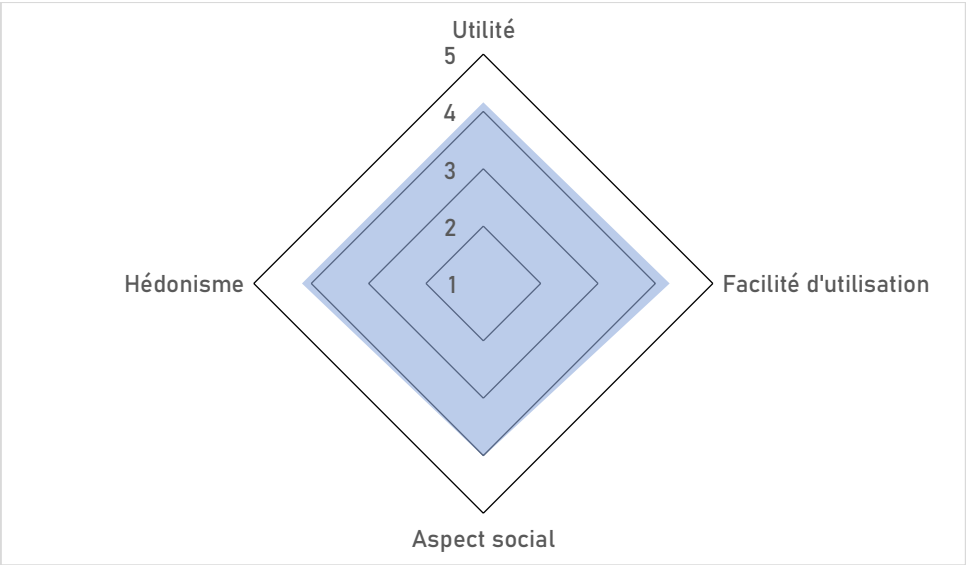

Figure 10 : Dimensions de l'expérience utilisateur du garde-manger.

8.2.2 PROBLEMES IDENTIFIES

Les répondants ont évoqué 69 problèmes (regroupés en 10 catégories). Les problèmes peuvent être issus d'expériences passées avec la low-tech ou d'une projection dans son utilisation future (ces problèmes étant donc moins représentatifs de problèmes « réels » que les précédents).

- **Incompatibilité avec l'existant (25) :** incompatibilité avec les meubles existants ; manque d'un espace extérieur ou le mettre ; manque de place, pas d'endroit assez aéré ; difficile pour appartement sans balcon ; chaleur de la région ; pas de température régulière en intérieur (trop chaud en été/trop froid en hiver)
- **Fonctionnalités limitées (13) :** ne remplace pas le frigo pour bière/beurre ; nécessité d'avoir différents modèles (taille, forme, technique d'installation et de suspension) ; par grande chaleur les légumes s'abiment vite ; moins grand qu'un frigo/volume faible ; nécessité de dimensions standardisées ; ajout d'une zone "Velléda" en façade pour lister les aliments et leurs dates de rangement ; ajout d'un tableau d'information sur les durées de conservation dans le garde-manger ; manque système réfrigérant, ; système pour pouvoir y accéder de l'intérieur sans sortir en hiver ; qu'il soit pensé pour être dehors ; permettre d'accéder aux aliments de plusieurs côtés ; dégradation rapide des aliments en cas de chaleur
- **Manque d'information (9) :** manque d'information ; informations sur les fruits et légumes à stocker et comment ; connaissance sur la vitesse de murissement des aliments dans ce garde-manger ; information sur l'utilisation en été ; intérêt par rapport aux placards classiques peu clair
- **Redondance existant (8) :** en appoint du frigo ; moins simple et abordable que d'autres alternatives (sécher, consommer raisonnablement) ; redondance avec frigo, redondance avec paniers ; redondance légumier ; pas assez de restes pour stocker (production perso et achats) ; en a déjà un

- **Difficulté d'entretien (5) :** entretien du bois contre les moisissures ; entretien : fond amovible facile à nettoyer ; facilité de nettoyage ; nettoyage si en bois brut ; revêtements low-tech facilement nettoyable
- **Manque de séparations (3) :** séparation pour éviter contact entre fruits abîmés ; manque de compartiments ; pouvoir séparer les aliments
- **Problème d'insectes (3) :** accès des insectes ; crainte des insectes
- **Problème d'entourage (1) :** rassurer la conjointe sur l'efficacité vs. frigo
- **Mode d'accès (1) :** temps de fabrication et prix
- **Problème esthétique (1)**

8.2.3 MODES DE DIFFUSION ATTENDUS

Le garde-manger est une low-tech qui peut paraître simple d'utilisation et sans enjeux de sécurité importants. La Figure 11, montre qu'en réaction les répondants privilégient un mode d'accès en autonomie (les tutoriels et plans) ou par apprentissage direct (chantier participatif). Cependant, si la low-tech avait été présentée dans son entièreté, elle serait probablement apparue plus complexe et aurait peut-être reçu plus de demandes pour l'accès semi-professionnel (kit à monter/installer).

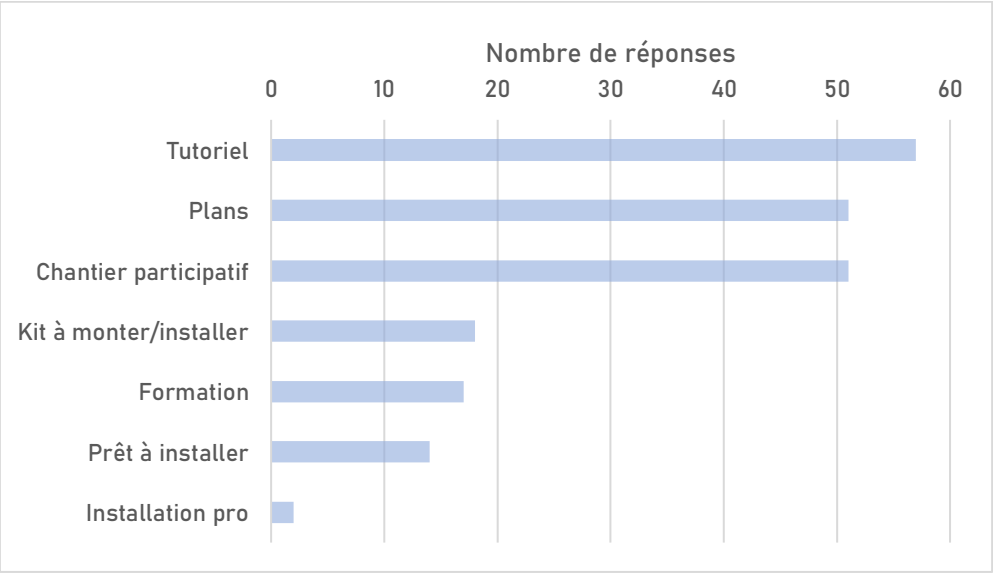

Figure 11 : Modes d'accès attendus au garde-manger.

8.3 Chauffage solaire

Enjeux

Le chauffage de l'habitat représente plus de 2/3 de la consommation énergétique d'un ménage. Réduire nos consommations d'énergies fossiles et nucléaires sur ce poste est un enjeux environnemental majeur et est économiquement intéressant.

Description

L'usage du rayonnement solaire pour chauffer directement l'air entrant dans la maison est une opération relativement simple. Le rendement est 4 à 5 fois supérieur au photovoltaïque. Exploré depuis les années 1950 par Félix Trombe, le principe du mur Trombe permet de chauffer l'air de l'habitat en utilisant le rayonnement solaire direct via le principe du "corps noir" placé derrière un vitrage.

Ce système passif permet de chauffer gratuitement l'habitat avec des matériaux économiques et durables dans le temps. Les jours ensoleillés il permet de se passer de chauffage classique. Quand le soleil n'est pas au rendez-vous, un poêle, ou une autre source de chauffe prend le relais.

8.3.1 PERCEPTION DE 4 DIMENSIONS DE L'EXPERIENCE UTILISATEUR

L'intention d'utilisation du chauffage solaire déclarée directement par les répondants (voir 7.1) est moyenne, la low-tech se classant en quatrième position parmi les 10 low-techs testées. Dans cette section nous allons approfondir cette intention d'utilisation via 4 dimensions perçues de l'expérience utilisateur : l'utilité[9], la facilité d'utilisation, l'hédonisme et l'aspect social[10]. Sur la totalité de l'échantillon, la low-tech a été évaluée par une sous-population de 86 personnes avec une expertise moyenne de 2,57 (sur 5) et une attitude positive vis-à-vis du low-tech (4,62 sur 5).

Les 4 indicateurs (voir Figure 12) sont bons (quasiment à 4 sur 5).

L'utilité perçue, plus basse (3,88) que les autres indicateurs, est expliquée par les retours qualitatifs (voir section suivante) qui soulignent en grande majorité des problèmes d'utilité. Ces problèmes sont l'incompatibilité avec l'existant (appartement, location etc.) et les fonctionnalités manquantes (du couplage avec le circuit de ventilation à la possibilité de régler l'orientation). Pour la première catégorie (incompatibilité avec l'existant), cela souligne l'importance de tester l'expérience utilisateur d'une low-tech auprès d'une population susceptible de l'installer et pas uniquement sur une population générale. Sur une population

[9] Capacité de la low-tech à répondre aux objectifs de l'utilisateur.
[10] Influence des autres sur le comportement du répondant.

générale les problèmes d'incompatibilité avec les modes d'hébergement modernes brouillent un peu les résultats.

L'indicateur d'hédonisme perçu est plutôt élevé (4,3), ceci est probablement dû au fait qu'il s'agisse d'une low-tech permettant d'apporter un confort supplémentaire (chaleur) aux utilisateurs.

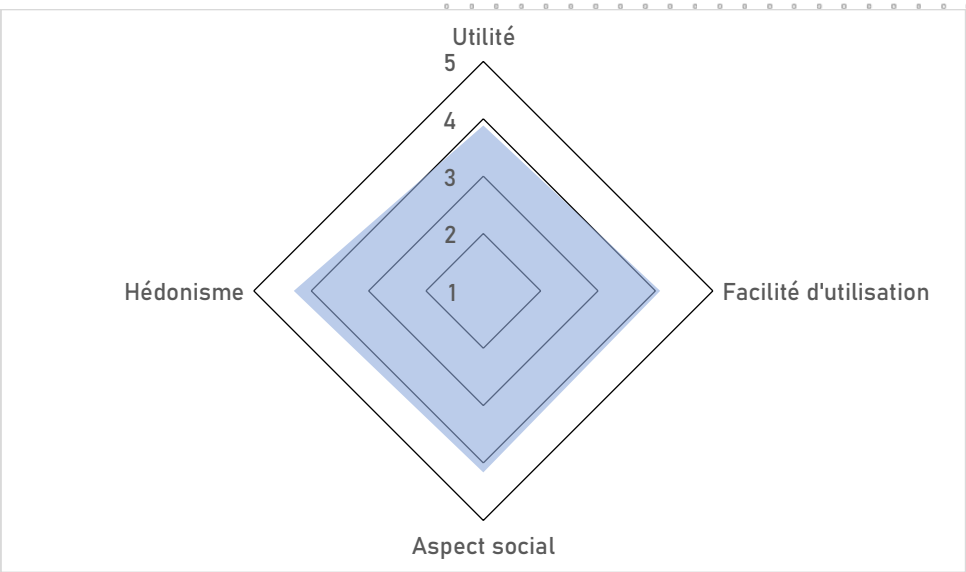

Figure 12 : Dimensions de l'expérience utilisateur du chauffage solaire.

8.3.2 PROBLEMES IDENTIFIES

Les répondants ont évoqué 107 problèmes (regroupés en 12 catégories). Les problèmes peuvent être issus d'expériences passées avec la low-tech ou d'une projection dans son utilisation future (ces problèmes étant donc moins représentatifs de problèmes « réels » que les précédents).

- **Incompatibilité avec l'existant (28) :** incompatibilité avec logement de ville (appartement…) ; incompatibilité avec des bâtiments anciens ou protégés incompatibilité avec l'ensoleillement du lieu (les sélectionner) ; problème d'acceptation par le propriétaire ou la copropriété (réglementation) ; adaptation pour utilisation sur appartement avec balcon ; positionnement dans un logement non prévu pour lui ; pas de vitre pour installer la partie noire ; manque d'espace ; exposition au nord
- **Fonctionnalités manquantes (22)** : orientation réglable ; nécessité d'un système d'appoint (insuffisant en hiver ou si absence de soleil) ; possibilité de le découpler en été pour éviter la surchauffe (bâche, ouverture/fermeture des entrées d'air) ; maîtrise de la chaleur (système de thermostat) ; couplage à un système de ventilation (VMC, PAC air/air, eau/fluide via thermosiphon) ; miroir réglable pour augmenter la surface de captation ; montage/démontage pour l'adaptation à un séchoir solaire ; prévoir l'apport de chaleur ; montage sur des volets battants ou une porte d'entrée ; facilité à l'activer/désactiver

- **Manque d'information (19) :** besoin de tester/voir ; information sur le temps et le rendement (surface exposée vs. volume d'air à chauffer) ; accès aux ressources (plans, explications) ; information sur la construction (temps, matériaux, poids, circuit de chaleur, soudures) ; information sur l'aspect vu de l'intérieur ; information sur le fait que cela sacrifie ou non une source de lumière extérieure ; information sur la durée d'amortissement ; information sur l'efficacité dans les régions peu ensoleillées ; information sur son fonctionnement ; information sur la perte de luminosité ; information sur des changements à apporter au tableau électrique (incompréhension de la LT) ; information sur les autorisations de mise en place ; information sur les zones d'installation possibles dans une maison ; information sur la compatibilité avec une maison traditionnelle (modification de structure et intégration) ; information sur la possibilité de stocker l'excédent de production d'électricité (incompréhension de la LT)
- **Difficultés d'installation (15) :** difficulté de mise en place (nécessité d'être bricoleur) ; difficulté à faire le raccordement au circuit d'air de la maison ; nécessité de travaux (murs, maçonnerie) ; proposée par des entreprises ; à valoriser dans les nouvelles constructions ; information sur la possibilité de stocker l'excédent de production d'électricité (incompréhension de la LT) ; version à installer sans travaux ; un moyen d'amener les arrivées d'air à une entrée type porte ou fenêtre pour éviter le perçage d'un mur (un vantail spécifique en bois+verre par exemple).
- **Problèmes esthétiques (5) :** aspect esthétique à travailler ; risque de faire verrue sur une façade
- **Dimensions et poids (4) :** poids ; taille imposante ; faire une version mobile pour un van
- **Difficultés de fabrication (4) :** accès aux matériaux ; compétences nécessaires pour sa réalisation ; difficulté à le fabriquer seul ; utilisation de matériaux écologiques
- **Redondance existant (4) :** pas besoin de chauffage (chauffage central, maison passive, région chaude)
- **Perte de luminosité (2)**
- **Problèmes d'accessibilité (2) :** coût ; investissement en temps
- **Risques (1) :** risque de bris de vitre dans zone avec tempêtes
- **Externalité négative (1) :** matériaux peut être plus polluants à court terme que de se chauffer au bois

8.3.3 MODES DE DIFFUSION ATTENDUS

Le chauffage solaire est une low-tech dont le fonctionnement paraît simple (accumulation de chaleur sur une surface noire vitrée). La Figure 13, montre qu'en réaction les répondants privilégieraient un mode d'accès en autonomie : plan et tutoriel. L'accès par transmission de connaissances (chantier participatif et formation) est également plébiscité.

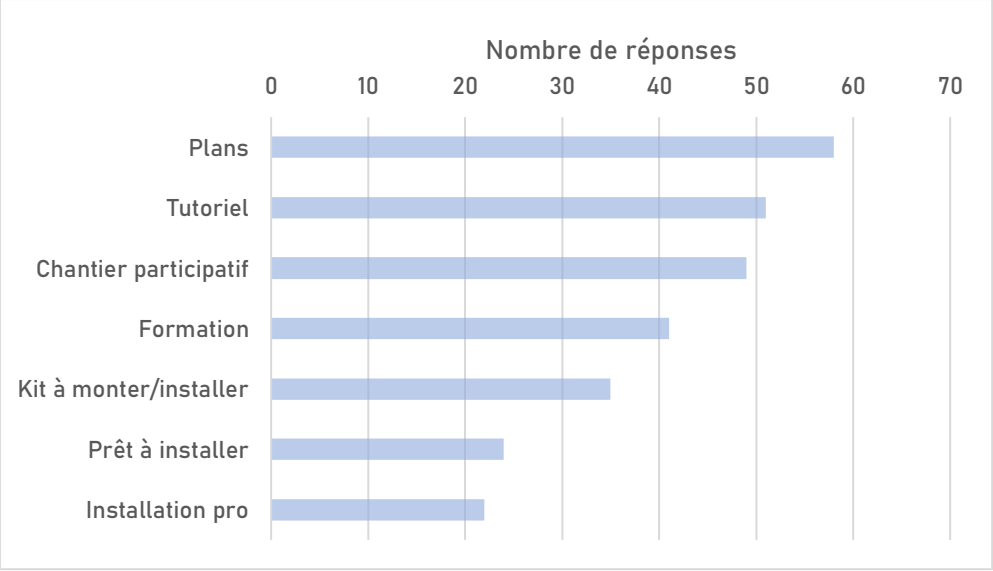

Figure 13 : Modes d'accès attendus au chauffage solaire.

8.4 Culture de pleurotes

Enjeux

La pollution et l'artificialisation des sols ne permet plus à chacun d'avoir accès à une zone de culture proche. De plus, en dehors des circuits courts, la logistique alimentaire (transport en camion) est source de mauvaise répartition des richesses et a un impact environnemental négatif.

Description

Les champignons, tel que les pleurotes, sont riches en protéines, en vitamines (B2,B3,B5) et en minéraux (potassium, fer, zinc...). Leur culture demande néanmoins de travailler dans un environnement bien stérilisé. Dans de bonnes conditions, les premiers champignons peuvent être récoltés au bout d'un mois.

On peut les cultiver soi-même de façon relativement simple en utilisant des résidus de végétaux (marc de café, paille, copeaux de bois) et des bouteilles plastiques.

8.4.1 PERCEPTION DE 4 DIMENSIONS DE L'EXPERIENCE UTILISATEUR

L'intention d'utilisation de la culture de pleurotes déclarée par les répondants (voir 7.1) est moyenne, la low-tech se classant en septième position parmi les 10 low-techs testées. Sur la totalité de l'échantillon, la low-tech a été évaluée par une sous-population de 86 personnes avec une expertise moyenne de 2,57 (sur 5) et une attitude positive vis-à-vis du low-tech (4,62 sur 5).

Parmi les indicateurs (voir Figure 14), 3 sur 4 sont dégradés.

L'utilité perçue est particulièrement basse (3,69). Cela est expliqué par les retours qualitatifs (voir section suivante) qui soulignent l'aspect gadget de cette LT, ne pas aimer les champignons ou préférer passer du temps sur des sujets plus importants.

Concernant, le score de l'aspect social perçu (mesuré par l'évaluation de l'affirmation suivante, « *Je recommanderais cette culture de pleurote low-tech aux personnes importantes pour moi* ») il n'y a pas d'explication définitive pour son niveau dégradé. Il pourrait s'agir de la conséquence des risques pour la santé et d'odeurs perçus par les répondants (peur d'intoxiquer des proches etc.). De même, la dimension « gadget » de la low-tech ainsi qu'une opposition au contenant en plastique ont été soulignés. Ils peuvent être interprétés comme des facteurs de « honte/ridicule » quand il s'agirait de présenter la low-tech aux autres (contrairement à un chauffage solaire, plus valorisant socialement), ce qui fait baisser le score de la dimension sociale.

Enfin, le score de facilité d'utilisation perçue est expliqué dans les réponses qualitatives par le manque d'information et les problèmes de savoir-faire (notamment concernant la stérilité).

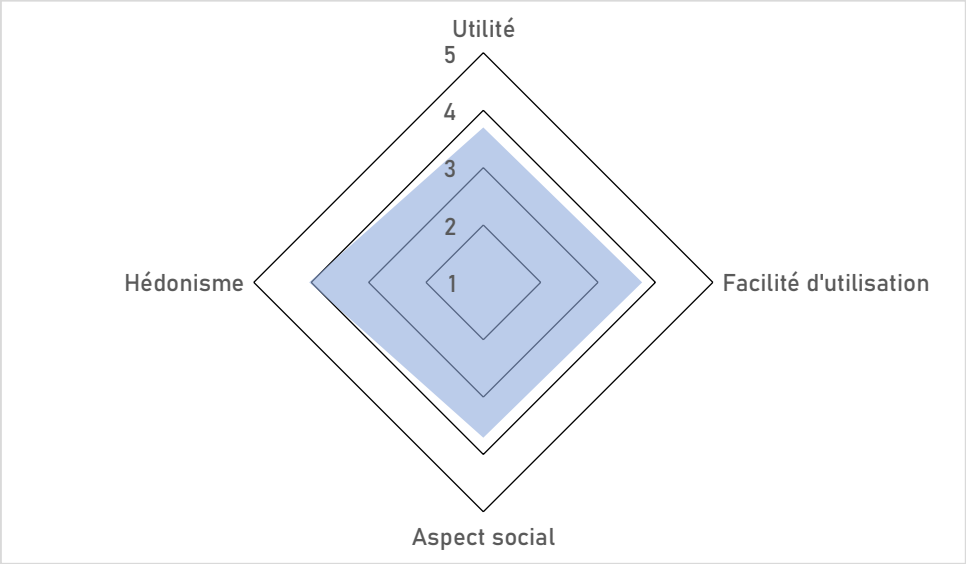

Figure 14 : Dimensions de l'expérience utilisateur de la culture de pleurotes.

8.4.2 PROBLEMES IDENTIFIES

Les répondants ont évoqué 95 problèmes regroupés en 13 catégories. Les problèmes peuvent être issus d'expériences passées avec la low-tech ou d'une projection dans son utilisation future (ces problèmes étant donc moins représentatifs de problèmes « réels » que les précédents).

- **Manque d'information (23) :** manque d'informations sur le maintien de la stérilisation ; sur l'environnement de culture ; sur les risques sanitaires liés à l'utilisation de

déchets ; sur les apports ; sur l'attention quotidienne nécessaire ; sur la quantité produite ; sur la méthode de culture ; sur l'espace vs. rendement ; sur l'extraction stérile de la souche ; sur l'odeur ; sur l'entretien ; sur le risque de tomber malade ; sur les techniques de reproduction de mycélium ; sur les valeurs nutritionnelles ; besoins de tuto (3 à 4 allant de la production individuelle à l'application en jardins partagés)

- **Problèmes de savoir-faire (17) :** difficulté de maintenir un environnement stérilisé ; conditions pour le succès (lumière, température, humidité) ; matériel ; maîtriser le risque de moisissures ; la capacité de vérifier les problèmes ; manque de compétences pratiques ; trouver la base de pousse ; conservation ; gestion des déchets après culture ; l'impossibilité de faire son propre intrant
- **Incompatibilité avec l'existant (15) :** appartement ; difficile d'avoir une pièce avec conditions de culture ; manque de place ; climat local pas compatible ; pas de marc de café ; pas complémentaire des activités (pas de composteur, pas de potager) ; manque de temps
- **Problèmes avec le contenant (8) :** désapprobation de l'utilisation du plastique ; utiliser un autre type de contenant (verre ?)
- **Utilité ou intérêt faible (6) :** préfère consacrer du temps à la production de choses répondant à ses besoins ; ne comprends pas l'enjeu ; possibilité d'en acheter ; intéressant pour l'aspect instructif/didactique mais anecdotique ; régularité des récoltes
- **Problèmes d'entretien (5) :** entretien nécessaire ; la difficulté de la maintenance en cas de changement fréquent de lieu d'habitation
- **N'aime pas les champignons (5)**
- **Fonctionnalités manquantes (4) :** faire une version pour des groupes (immeuble, quartier, communauté) pour plus de plaisir et de simplicité (si bien organisé) ; faire un support en bambou ; produire plusieurs variétés ; proposer un kit tout prêt
- **Problème de rendement (4)**
- **Préférence pour la tradition (3) :** mettre des champignons dans les jardins ; désapprobation de la culture sans terre ; préfère aller en trouver dans la forêt
- **Problèmes esthétiques (2)**
- **Sécurité (2) :** gérer la sécurité alimentaire ; gérer la contamination par d'autres champignons pathogènes ou non comestibles
- **Problème social (1) :** convaincre les cohabitants d'y dédier un espace

8.4.3 MODES DE DIFFUSION ATTENDUS

Les répondants privilégient l'accès en autonomie par des plans (voir Figure 15). Cela s'explique peut-être par sa petite taille et la simplicité relative de ces composants : même si elle n'est pas facile à utiliser, elle utilise des ressources familières et l'échec n'est pas dramatique (facilité de se débarrasser des composants, facilité à recommencer etc.). Le deuxième type d'accès attendu (le chantier participatif) répond bien aux problèmes de savoir-faire mentionné par les répondants. L'attrait pour ce mode d'accès est probablement

renforcé par la possibilité de faire le tour de la low-tech lors d'un chantier de quelques heures, juste le temps d'acquérir les gestes clés.

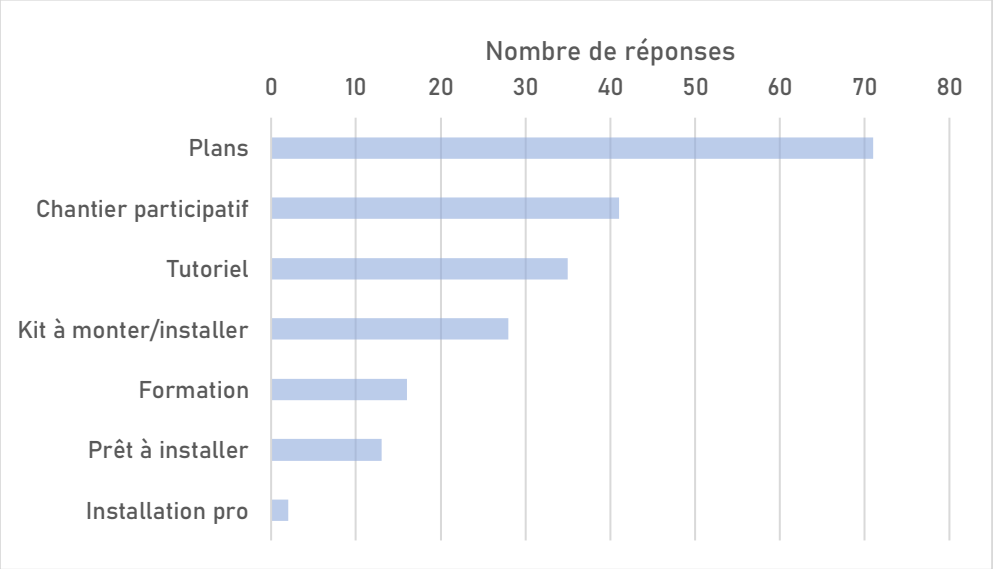

Figure 15 : Modes d'accès attendus à la culture de pleurotes.

8.5 Bélier hydraulique

Enjeux

De nombreuses personnes n'ont pas accès à un réseau d'eau. Elles pompent alors directement le liquide des cours d'eau. Les pompes tournant en permanence, elles consomment beaucoup d'énergie ce qui est problématique dans les zones où l'énergie est peu (ou difficilement) disponible.

Description

Le bélier hydraulique est un système mécanique d'élévation d'eau dont le fonctionnement dépend uniquement de la force motrice de l'eau, sans autre apport énergétique. Cela permet de pomper l'eau d'une source (rivière, ruisseau) et de l'utiliser plus haut pour irriguer des cultures, abreuver des bêtes ou pour toute autre utilisation domestique. Il peut fonctionner de façon entièrement automatique pendant plusieurs années et nécessite très peu d'entretien. Il nécessite néanmoins de disposer d'un terrain en pente.

8.5.1 PERCEPTION DE 4 DIMENSIONS DE L'EXPERIENCE UTILISATEUR

L'intention d'utilisation du bélier hydraulique déclarée directement par les répondants (voir 7.1) est basse, la low-tech se classant en neuvième position parmi les 10 low-techs testées. Sur la totalité de l'échantillon, la low-tech a été évaluée par une sous-population de 79

personnes avec une expertise moyenne de 2,75 (sur 5) et une attitude positive vis-à-vis du low-tech (4,76 sur 5).

Les 4 indicateurs (voir Figure 16) sont dégradés (tous en dessous de 4).

L'utilité perçue est particulièrement basse (2,55). En effet, le bélier hydraulique ne répond qu'à des besoins et des contextes de niche et peu répandus (besoin d'irrigation, terrain en pente etc.).

Le faible score de facilité d'utilisation perçue, s'explique par la complexité apparente de la low-tech (contrairement au poêle ou au chauffe-eau elle ne repose pas sur des principes physiques évidents). Il serait intéressant de tester cette low-tech auprès d'un public plus restreint et concerné.

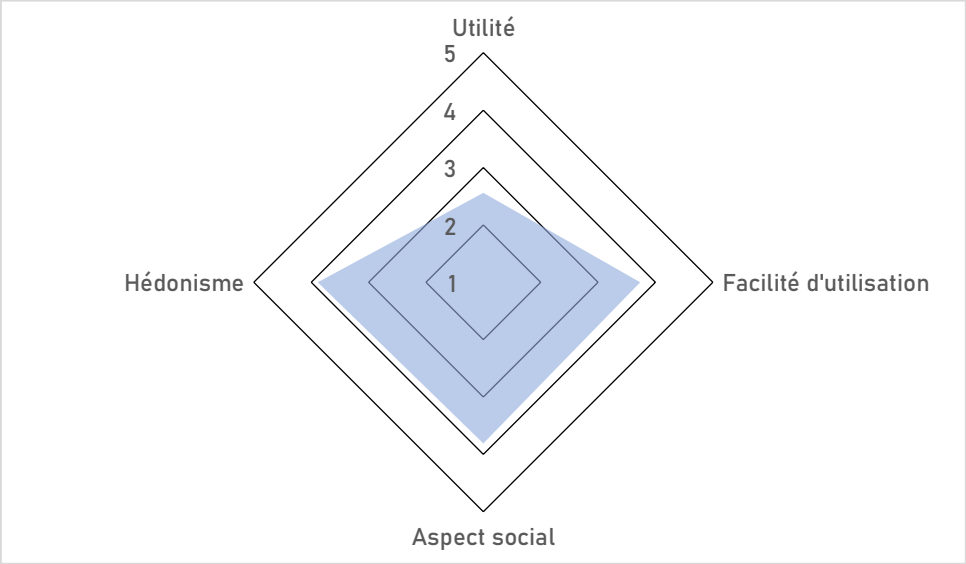

Figure 16 : Dimensions de l'expérience utilisateur du bélier hydraulique.

8.5.2 PROBLEMES IDENTIFIES

Les répondants ont évoqué 62 problèmes (regroupés en 6 catégories). Les problèmes peuvent être issus d'expériences passées avec la low-tech ou d'une projection dans son utilisation future (ces problèmes étant donc moins représentatifs de problèmes « réels » que les précédents).

- **Accès à un point d'eau ou à un terrain en pente (18)**
- **Difficultés de fabrication et de maintenance (12) :** accès aux matériaux ; accès au matériel ; confiance dans sa capacité à en fabriquer un ; nécessité d'aménagement du sol ; besoin de l'aide d'un expert ; temps nécessaire pour le rendre fonctionnel ; difficulté de résoudre d'éventuels problèmes ; connaissance et outils spécifiques nécessaires pour la réparation
- **Incompatibilité existant (11) :** habite en ville ; manque de place ; pas propriétaire ; terrain accidenté/rocailleux

- **Utilité faible (10) :** redondance eau courante ; peut-être moins simple/économe que de pomper de l'eau en amont ; redondance avec accès eau de pluie ; nécessité d'avoir une capacité de stockage ; plus utile pour des champs que pour un particulier
- **Manque d'information (9) :** informations sur le mécanisme ; la conception ; les prérequis d'installation ; la taille maximale possible (un gros bélier possible pour alimenter tout un ensemble d'habitations ?) ; l'utilisation sans cours d'eau
- **Fonctionnalités manquantes (2) :** potager ou réservoir au niveau de la pompe pour valoriser la déperdition d'eau ; version en double flux pour pomper un liquide différent avec la force de la rivière sans pollution croisée

8.5.3 MODES DE DIFFUSION ATTENDUS

La Figure 17, montre que les répondants sont attirés par des modes d'accès en autonomie ou en apprentissage direct pour pallier sa complexité apparente. En revanche, il est étonnant que les modes d'accès en achat direct soient peu plébiscités (kit, installation pro, prêt à installer) car ils permettraient de contourner le problème de complexité. Cela s'explique probablement par la crainte d'un coût élevé ou par un désintérêt pour la low-tech (pourquoi payer pour une low-tech qui ne m'est pas utile ?).

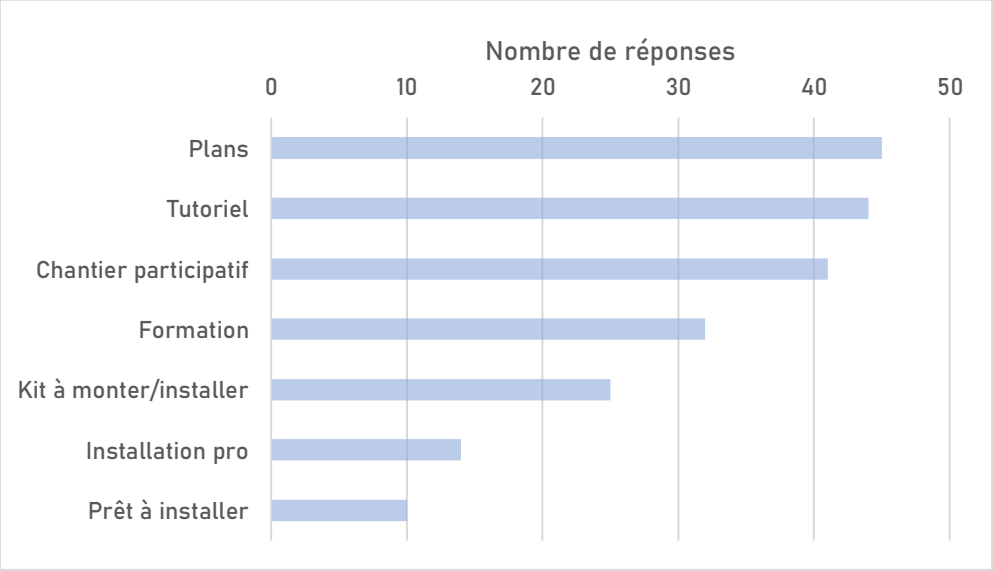

Figure 17 : Modes d'accès attendus au bélier hydraulique.

8.6 Larves de mouches soldats noires

Enjeux

Les déchets organiques représentent 1/3 de nos poubelles à échelle mondiale. Leur logistique et traitement est une source majeure d'émission de gaz à effet de serre.

Description

Une solution innovante est la conversion des déchets organiques par des insectes ou des larves, notamment celles de la mouche soldat noire (*Hermetia illucens*). Que ce soit à petite ou grande échelle, l'élevage de larves de mouches soldats noires demande peu de moyens et permet de traiter très rapidement des biodéchets en les transformant en compost. De plus, la protéine de cet insecte est de haute qualité nutritive et peut constituer une ressource intéressante pour l'alimentation animale (poules, oies, canards, poissons...).

Local, simple et économe ce système de valorisation des déchets organiques est particulièrement intéressant en zone chaude.

8.6.1 PERCEPTION DE 4 DIMENSIONS DE L'EXPERIENCE UTILISATEUR

L'intention d'utilisation de l'élevage de larves de mouches soldats noires déclarée par les répondants (voir 7.1) est très basse, la low-tech se classant en dernière position parmi les 10 low-techs testées. Sur la totalité de l'échantillon, la low-tech a été évaluée par une sous-population de 79 personnes avec une expertise moyenne de 2,75 (sur 5) et une attitude positive vis-à-vis du low-tech (4,76 sur 5).

Les indicateurs (voir Figure 18) sont très dégradés (tous en dessous de 4).

L'hédonisme perçu est particulièrement bas (2,87) ce qui s'explique probablement par les problèmes de dégoût et de prolifération que les répondants signalent dans leurs réponses qualitatives (section suivante).

La faible utilité perçue (3,14) s'explique en partie par la redondance avec d'autres systèmes de compostage.

La facilité d'utilisation perçue (3,57) est limitée par la crainte d'une maintenance importante et le manque d'espace approprié.

Enfin, l'aspect social perçu (3,32) est dégradé par l'impact sur l'entourage de l'installation et probablement par la crainte de dégoûter les autres.

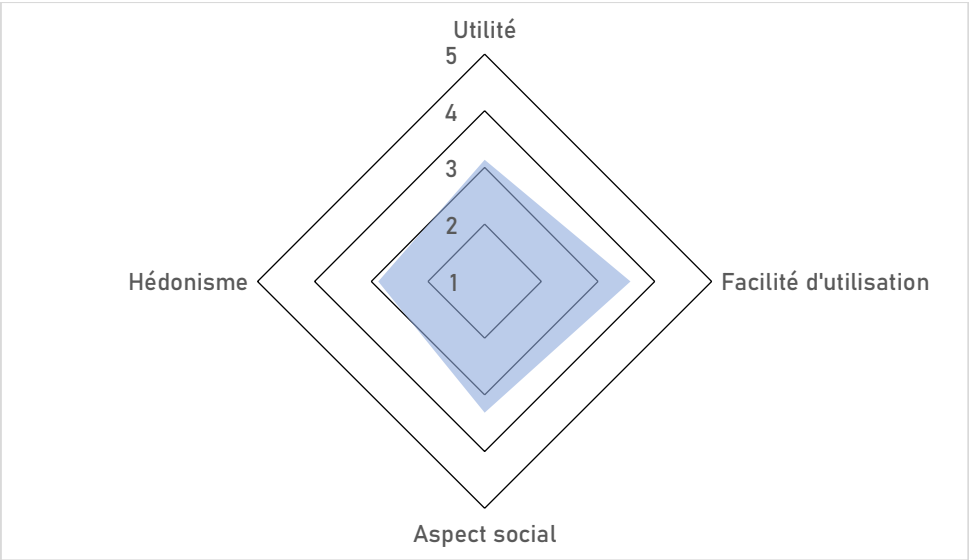

Figure 18 : Dimensions de l'expérience utilisateur des larves de mouches.

8.6.2 PROBLEMES IDENTIFIES

Les répondants ont évoqué 102 problèmes (regroupés en 16 catégories). Les problèmes peuvent être issus d'expériences passées avec la low-tech ou d'une projection dans son utilisation future (ces problèmes étant donc moins représentatifs de problèmes « réels » que les précédents).

- **Redondance existant (11) :** Pas d'utilité par rapport aux systèmes de compostage classiques
- **Dégout (7) :** Dégoût des mouches
- **Prolifération des mouches (7) :** Peur de la prolifération et de l'envahissement du logement par les mouches
- **Manque espace extérieur (6) :** Manque de place pour les personnes qui n'ont pas de jardin et/ou qui vivent dans de petits habitats
- **Maintenance trop importante (5)** : Maintenance continue nécessaire
- **Impact sur la biodiversité locale (3) :** Risque de concurrence avec la faune locale
- **Social (3) :** Mauvaise désirabilité sociale
- **Température minimale (3) :** Nécessité d'avoir une température minimum pour la survie des larves
- **Ressources non locales (2) :** La production des larves n'est pas locale
- **Nuisance sonore (1) :** Gêne due au bruit des mouches
- **Information sur la qualité réelle du compost obtenu (1) :** Pas d'information sur la qualité réelle du compost
- **Facilité de séparation des larves et du compost (1) :** Difficulté à séparer les mouches du compost

8.6.3 MODES DE DIFFUSION ATTENDUS

La fabrication d'un élevage de larves de mouches soldats noires ne nécessite pas *a priori* de connaissances techniques avancées et les composteurs sont familiers pour les personnes intéressées par le low-tech. Les modes d'accès attendus (voir Figure 19) sont donc logiquement plutôt en autonomie (plans, chantiers, tutoriels).

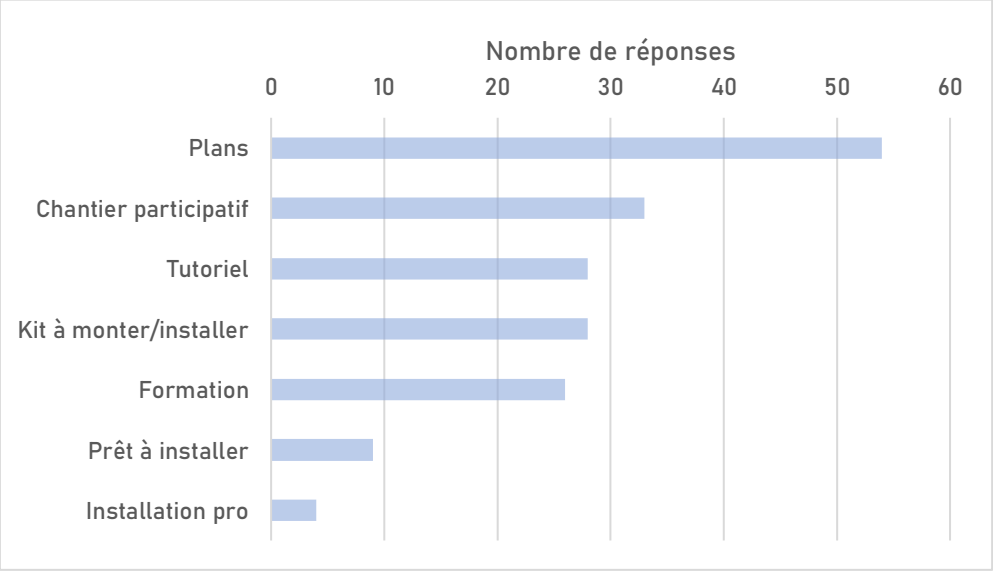

Figure 19 : Modes d'accès attendus aux larves de mouches.

8.7 Chauffe-eau solaire

Enjeux

La consommation d'eau chaude sanitaire représente entre 10 et 15% de la facture énergétique d'un foyer, notamment pour la douche. C'est le second poste de consommation après le chauffage.

Description

Un chauffe-eau solaire permet de produire 60 à 90% de l'eau chaude sanitaire annuelle en fonction des régions et années. Associé à une source de chaleur alternative (biomasse, électricité, gaz, fioul) qui prend le relais lors des périodes de faible ensoleillement, il réduit très fortement la facture énergétique.

Ce chauffe-eau solaire est particulièrement low-tech car il est presque entièrement réalisé à partir de matériaux de récupération, ancien vitrage, éléments frigorifiques, ce qui permet de réduire fortement son coût et son impact environnemental.

8.7.1 PERCEPTION DE 4 DIMENSIONS DE L'EXPERIENCE UTILISATEUR

L'intention d'utilisation du chauffe-eau solaire déclarée directement par les répondants (voir 7.1) est très élevée, la low-tech se classant en première position parmi les 10 low-techs testées. Sur la totalité de l'échantillon, la low-tech a été évaluée par une sous-population de 76 personnes avec une expertise moyenne de 2,63 (sur 5) et une attitude positive vis-à-vis du low-tech (4,75 sur 5).

Les indicateurs (voir Figure 20) sont tous bons voire très bons. Seule la facilité d'utilisation perçue est légèrement en dessous de 4 (3,91). Les réponses qualitatives mentionnées dans la section suivante apportent un éclairage sur ce score : la construction est perçue comme compliquée et difficile à intégrer au bâti existant. Du fait de sa capacité à répondre à un besoin de base relatif au confort, le chauffe-eau solaire à un excellent score en utilité et en hédonisme.

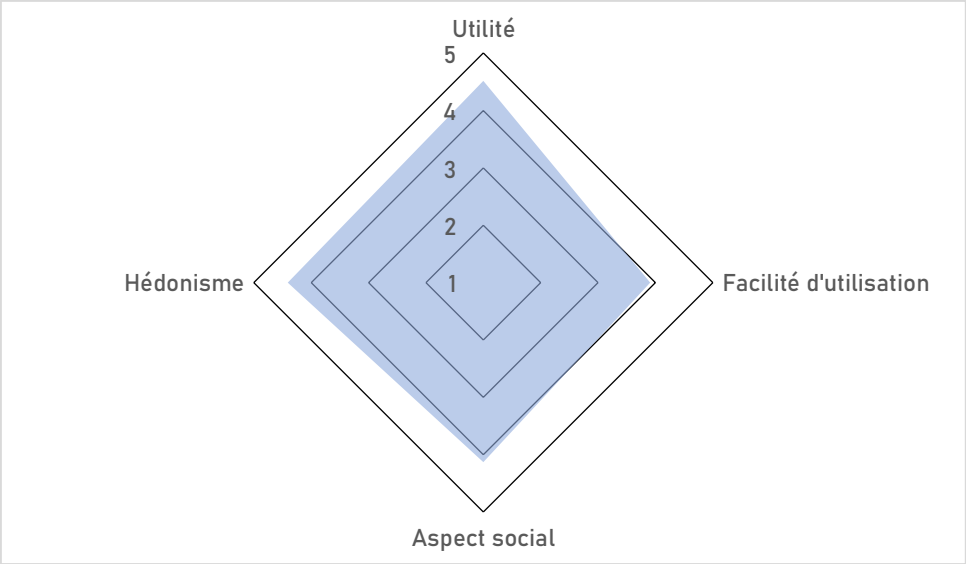

Figure 20 : Dimensions de l'expérience utilisateur du chauffe-eau solaire.

8.7.2 PROBLEMES IDENTIFIES

Les répondants ont évoqué 49 problèmes (regroupés en 17 catégories). Les problèmes peuvent être issus d'expériences passées avec la low-tech ou d'une projection dans son utilisation future (ces problèmes étant donc moins représentatifs de problèmes « réels » que les précédents).

- **Intégration (8) :** Difficulté d'intégrer le chauffe-eau au bâtiment existant
- **Autoconstruction (connaissance/compétence) (8) :** Nécessité d'avoir des connaissances et compétences suffisantes pour construire le chauffe-eau
- **Autoconstruction (5) :** Difficulté de l'autoconstruction
- **Rendement dans un environnement peu ensoleillé (5) :** Le système n'est pas fonctionnel dans un environnement peu ensoleillé
- **Capacité (4) :** Capacité de stockage d'eau chaude faible

- **Intermittence (3) :** Dépendance au soleil (journalière et saisonnière) qui limite la production
- **Autoconstruction (danger) (2) :** Autoconstruction dangereuse à cause de la manipulation de liquides et gaz
- **Pollution (2) :** Risque de pollution due aux liquides et gaz
- **Transportabilité (2) :** Pouvoir déplacer le chauffe-eau
- **Espace (2) :** Manque de place pour les personnes qui vivent dans de petits habitats
- **Propriété (2) :** Difficulté à négocier l'installation en copropriété ou location
- **Esthétique (1)**
- **Orientabilité (1) :** Pouvoir changer l'orientation du collecteur de chaleur en fonction de l'ensoleillement
- **Santé (bactérie) (1) :** Risque de développement de bactéries dans le chauffe-eau
- **Connaissance de la quantité d'eau chaude (1) :** Pas de connaissance de la quantité d'eau chaude restante disponible
- **Utilisabilité (1)**
- **Autoréparation (1)** : Difficulté d'autoréparer le chauffe-eau

8.7.3 MODES DE DIFFUSION ATTENDUS

Malgré son apparence technique, le chauffe-eau solaire ne décourage pas les répondants. Les 4 modes d'accès en autonomie et semi-autonomie se placent en tête (plans, tutoriels, chantiers, formations) et les modes d'accès via l'achat se classent en fin de liste mais avec moins de différentiel que dans d'autres low-techs (ex : élevage de mouches soldats noires).

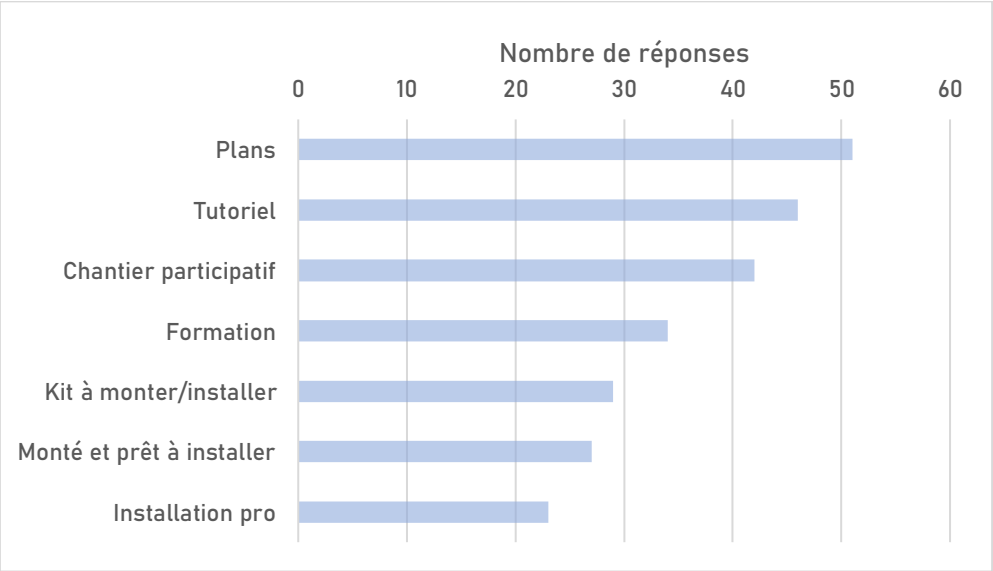

*Figure 21 : M*odes d'accès attendus au chauffe-eau solaire.

8.8 Toilettes sèches

Enjeux

Un français consomme en moyenne 10 000 litres d'eau par an pour la chasse d'eau. Cela représente 20% de la consommation d'eau d'un foyer, soit près de 160€ par an pour un foyer de 2 personnes. Les sècheresses s'accentuant, une réduction de la consommation d'eau est nécessaire.

Description

Les toilettes sèches, qui n'utilisent pas d'eau, remplacent la chasse par un apport de matières sèches (sciure, tonte sèche, …) qui permet d'assurer un bon compostage des matières, de façon inodore, et de produire un terreau fertile.

Les toilettes classiques peuvent facilement être adaptées en toilettes sèches, qui, en plus de réduire fortement la consommation d'eau, produisent de l'engrais.

8.8.1 PERCEPTION DE 4 DIMENSIONS DE L'EXPERIENCE UTILISATEUR

Les toilettes sèches sont la seule low-tech notée très différemment selon que l'on regarde l'intention d'utilisation ou la moyenne des 4 dimensions de l'expérience utilisateur. En effet, elle arrive en deuxième position sur 10 low-tech avec le premier indicateur (cf. 4.1) et en cinquième position en utilisant la deuxième notation. Les notations des autres low-techs sont beaucoup plus stables entre les deux méthodes. Comment expliquer ce décrochage de 3 places ? Probablement par le fait que l'intention d'utilisation est une mesure plus globale et plus favorable à une technologie symbolique du mouvement low-tech. Alors que le classement par les dimensions de l'expérience utilisateur est plus « pragmatique » et confronte les utilisateurs à des sujet comme l'hédonisme ou l'aspect social, moins favorables aux toilettes sèches.

Sur la totalité de l'échantillon, la low-tech a été évaluée par une sous-population de 76 personnes avec une expertise moyenne de 2,63 (sur 5) et une attitude positive vis-à-vis du low-tech (4,75 sur 5).

Les indicateurs (voir Figure 22) sont tous bons voire très bons. Seul l'hédonisme est l'aspect social sont en dessous de 4. Ces deux scores s'expliquent en partie par la fonction des toilettes sèches et les odeurs possibles.

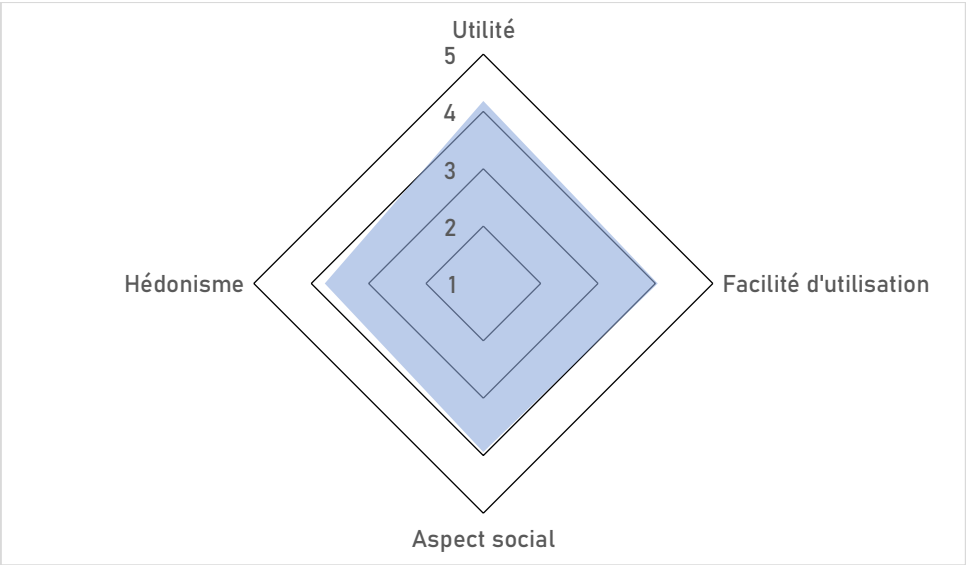

Figure 22 : Dimensions de l'expérience utilisateur des toilettes sèches.

8.8.2 PROBLEMES IDENTIFIES

Les répondants ont évoqué 64 problèmes (regroupés en 16 catégories). Les problèmes peuvent être issus d'expériences passées avec la low-tech ou d'une projection dans son utilisation future (ces problèmes étant donc moins représentatifs de problèmes « réels » que les précédents).

- **Évacuation (17) :** Évacuation des matières trop fréquente
- **Odeurs (12) :** Crainte des odeurs
- **Espace stockage/valorisation matière (9) :** Manque d'espace pour stocker ou valoriser les matières pour les personnes qui n'ont pas de jardin
- **Approvisionnement sciure/copeaux (8) :** Difficulté à s'approvisionner en sciure ou copeaux
- **Espace stockage compost (3) :** Manque d'espace pour stocker le compost pour les personnes qui n'ont pas de jardin
- **Accessibilité (2) :** Difficulté liées à la manutention ou l'utilisation pour des personnes âgées ou en situation de handicap
- **Réversibilité (2) :** Impossibilité de changer facilement d'une configuration « toilettes sèches » vers une configuration « toilettes classiques » dans le cas de la location
- **Entretien (2) :** Entretien contraignant (nettoyage)
- **Social (2) :** Mauvaise désirabilité sociale
- **Adaptabilité existant (1) :** Difficulté à adapter sur des toilettes classiques
- **Espace stockage matière éloigné (1) :** Manque d'espace éloigné de l'habitat pour stocker la matière
- **Gestion du compost (1) :** Difficulté à gérer le compost
- **Transportabilité (1) :** Impossibilité de déplacer les toilettes sèches
- **Séparation matières fécale urine (1) :** Pas de système de séparation des matières fécales et des urines

- **Stockage commun matière (1) :** Manque d'espace collectif pour stocker la matière
- **Stockage sciure/copeaux (1) :** Manque d'espace pour stocker la sciure ou les copeaux

8.8.3 MODES DE DIFFUSION ATTENDUS

Les modes d'accès souhaités par les répondants (voir Figure 23) sont les modes d'accès classiques pour les low-techs : plans, tutoriels, chantiers et formations. On note une forte séparation avec les modes d'accès en achat (kit à monter ou à installer, installation pro), beaucoup moins plébiscités. Cette forte séparation peut encore s'expliquer par l'aspect « symbolique » de cette low-tech, il est peut-être important pour les répondants de plébisciter des modes d'accès symboliques des low-techs pour une technologie également symbolique des low-techs. Cet attrait pour l'accès par l'autoconstruction se confirmera-t-il dans la réalité ?

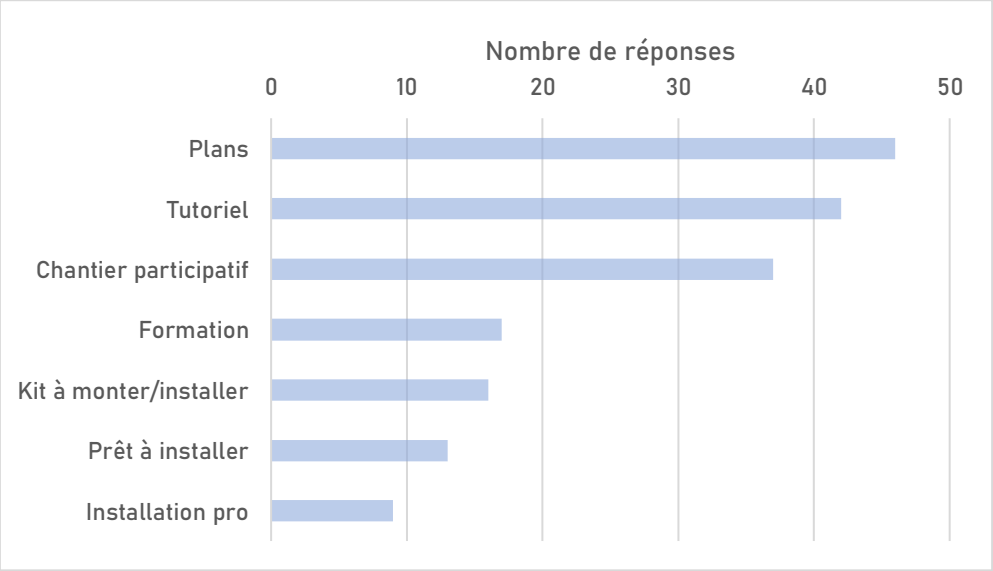

Figure 23 : Modes d'accès attendus aux toilettes sèches.

8.9 Hydroponie

Enjeux

La pollution et l'artificialisation des sols ne permet plus à chacun d'avoir accès à une zone de culture proche. De plus, en dehors des circuits courts, la logistique alimentaire est source de mauvaise répartition des richesses et d'impact environnemental négatif.

Description

L'hydroponie permet de faire pousser des légumes et des plantes hors sol, directement dans l'eau. Cette méthode consomme environ 10 fois moins d'eau qu'une culture classique. Pour

la nourriture des plantes, on peut avoir recours à des engrais chimiques ou organiques tels que l'urine, le jus de compost ou le purin. Ces systèmes peuvent être construit simplement, avec des matériaux très accessibles.

8.9.1 PERCEPTION DE 4 DIMENSIONS DE L'EXPERIENCE UTILISATEUR

L'intention d'utilisation de l'hydroponie déclarée par les répondants (voir 7.1) est basse, la low-tech se classant en huitième position parmi les 10 low-techs testées. Dans cette section nous allons approfondir cette intention d'utilisation via 4 dimensions de l'expérience utilisateur : l'utilité[11], la facilité d'utilisation, l'hédonisme et l'aspect social[12]. Sur la totalité de l'échantillon, la low-tech a été évaluée par une sous-population de 79 personnes avec une expertise moyenne de 2,51 (sur 5) et une attitude positive vis-à-vis du low-tech (4,77 sur 5).

Les indicateurs (voir Figure 24) sont tous dégradés.

Pour la facilité d'utilisation perçue, le faible score (3,06) est probablement dû à la complexité communiquée par l'image. En effet, l'image affichée dans le questionnaire représente une jeune femme à côté de 2 rangées de structures hydroponiques plus grandes qu'elle, c'est la low-tech la plus « massive » présentée dans l'étude. Cette mauvaise facilité d'utilisation perçue peut aussi être liée : à la perception d'un entretien contraignant, à la nécessité de beaucoup de matériaux, à l'installation perçue comme difficile, à la nécessité d'utiliser des intrants et à l'impossibilité de déplacer le système hydroponique (cf. section suivante).

L'intérêt de la low-tech mis en avant dans sa description était l'économie en eau et la possibilité de cultiver même sur un sol artificiel. Ces objectifs n'ont pas convaincu les répondants puisque l'indicateur d'utilité perçue est mauvais.

L'aspect social perçu (mesuré via la volonté, ou non, de recommander la low-tech a des proches) est également bas ce qui peut s'expliquer par la faible utilité et la faible facilité d'utilisation (il est difficile de recommander une technologie qui nous paraît complexe, qui ne touchera que peu de personnes et compliquée à prendre en main). De plus, plusieurs répondants ont signalé le manque de lien avec la nature de cette low-tech, probablement dû à l'aspect très « artificiel » du système. Difficile pour eux de recommander une low-tech qui va à l'encontre d'une valeur forte dans les communautés low-tech. Enfin, le faible score d'hédonisme s'explique peut-être par les mêmes causes : manque de contact avec la nature, anticipation d'un goût moins savoureux des cultures, qualités nutritionnelles plus faibles, risques d'odeurs etc.

[11] Capacité de la low-tech à répondre aux objectifs de l'utilisateur.
[12] Influence des autres sur le comportement du répondant.

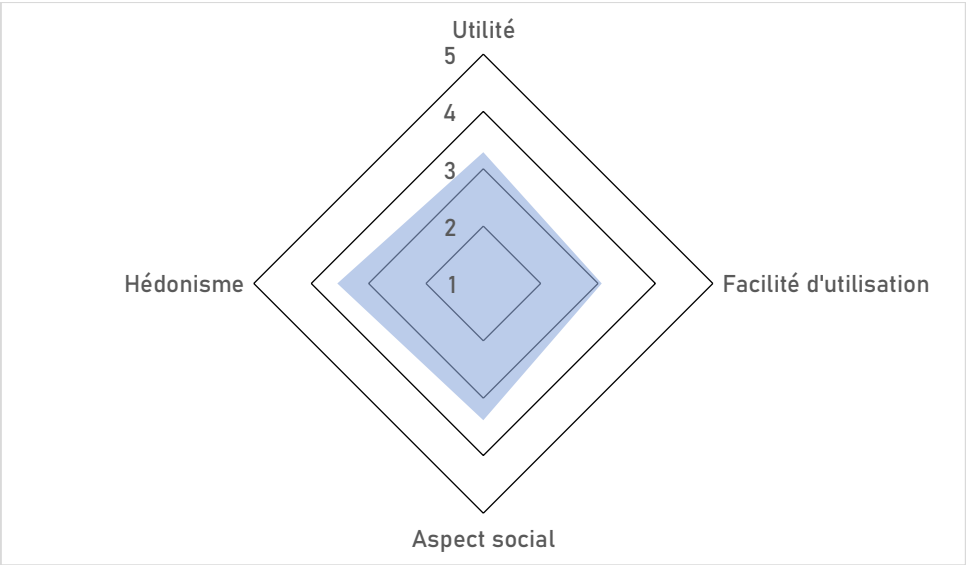

Figure 24 : Dimensions de l'expérience utilisateur de l'hydroponie.

8.9.2 PROBLEMES IDENTIFIES

Les répondants ont évoqué 54 problèmes (regroupés en 17 catégories). Les problèmes peuvent être issus d'expériences passées avec la low-tech ou d'une projection dans son utilisation future (ces problèmes étant donc moins représentatifs de problèmes « réels » que les précédents).

- **Espace (9) :** Nécessite un grand espace
- **Redondance existant (6) :** Manque d'utilité par rapport à un potager classique, la location d'un jardin ouvrier ou un approvisionnement chez un producteur local
- **Entretien (5) :** Entretien contraignant
- **Matériaux (5) :** Nécessite beaucoup de matériaux
- **Installation (4) :** Installation difficile
- **Intrants (4) :** Nécessité d'utiliser des intrants
- **Transportabilité (3) :** Impossibilité de déplacer le système hydroponique
- **Pas de lien nature (3) :** Perte du lien avec la nature/terre
- **Goût des aliments (2) :** Aliments moins savoureux
- **Coût (2) :** Installation chère
- **Qualité nutritionnelle (2) :** Aliments avec une moins bonne qualité nutritionnelle
- **Connaissance (2) :** Nécessite des connaissances approfondies (cycles des plantes etc.)
- **Complexité technologique (2) :** Installation complexe d'un point de vue technique
- **Insectes (2) :** Risque de prolifération d'insectes
- **Gestion des eaux grises (1) :** Pas de prise en compte des eaux grises
- **Odeurs (1) :** Peur des odeurs
- **Rendement (1) :** Rendement faible
- **Artificialisation des sols (1) :** L'installation nécessite des sols « artificiels »
- **Pas d'interaction avec l'écosystème (1) :** Pas d'interaction avec l'écosystème
- **Pollution eau rejetée (1) :** Les eaux rejetées peuvent être polluées

8.9.3 MODES DE DIFFUSION ATTENDUS

Ce sont avant tout les modes d'accès en autonomie qui sont plébiscités (voir Figure 25). L'anticipation d'un coût élevé explique peut-être les scores très faibles de l'achat « prêt à installer » et de l'installation par un professionnel.

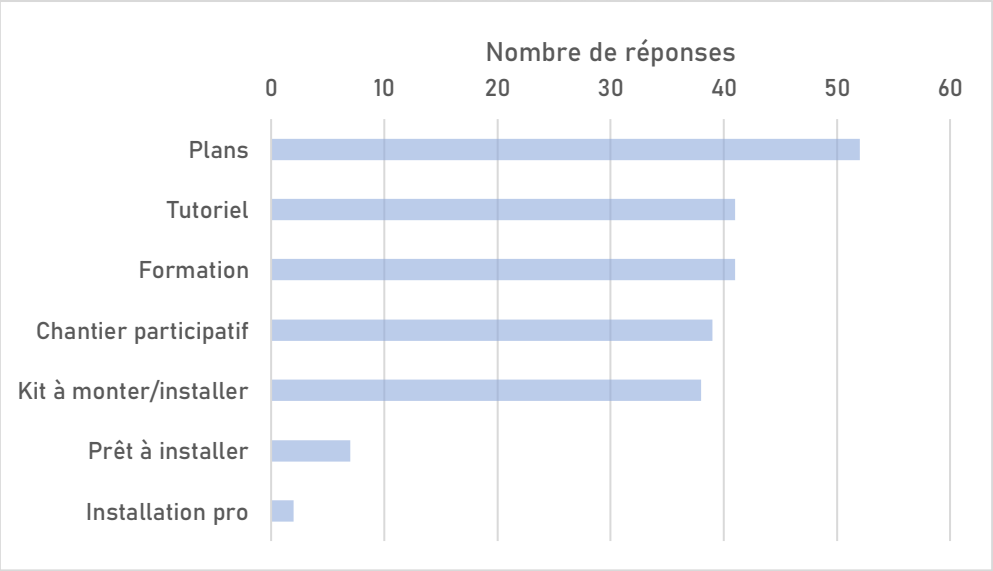

Figure 25 : modes d'accès attendus à l'hydroponie.

8.10 Lampe solaire

Enjeux

Plus d'un milliard de personnes n'ont pas accès à l'électricité dans le monde. Un accès à un minimum d'énergie permet de recharger les téléphones portables et d'avoir accès à la lumière, favorisant la sécurité et l'accès à l'éducation.

Description

Cette lampe utilise l'énergie solaire et des batteries d'ordinateur recyclées pour procurer de la lumière. Son boîtier utilise simplement un bidon de plastique, et la rend totalement étanche. Elle est réalisée avec quelques composants électroniques industriels (fils, LED, Arduino) mais est facilement réparable et très peu coûteuse.

8.10.1 PERCEPTION DE 4 DIMENSIONS DE L'EXPERIENCE UTILISATEUR

L'intention d'utilisation de la lampe solaire déclarée par les répondants (voir 7.1) est moyenne, la low-tech se classant en sixième position parmi les 10 low-techs testées. Dans cette section nous allons approfondir cette intention d'utilisation via 4 dimensions de l'expérience utilisateur : l'utilité[13], la facilité d'utilisation, l'hédonisme et l'aspect social[14]. Sur la totalité de l'échantillon, la low-tech a été évaluée par une sous-population de 79 personnes avec une expertise moyenne de 2,51 (sur 5) et une attitude positive vis-à-vis du low-tech (4,77 sur 5).

Le niveaux des indicateurs (voir Figure 26) est très hétérogène.

La facilité d'utilisation perçue est logiquement l'une des plus élevée des 10 low-techs testées. En revanche, l'utilité perçue est basse probablement à cause d'une forte redondance avec l'existant (mentionnée dans la section suivante). De plus, la lampe solaire est souvent destinée à des pays en développement (voir lampes solaires diffusées par Total ou par Schneider Electric) ou à des randonneurs au long cours ; deux applications de niche qui semblent peu concerner le public sondé.

Le score social faible montre le peu de motivation des répondants quand il s'agirait de conseiller la lampe à des proches. Cela s'explique en partie par l'utilité perçue faible (pourquoi recommander un objet peu utile ?) et par une incompréhension de l'aspect low-tech de l'objet (pourquoi recommander un objet high-tech à mes proches alors que je suis pro low-tech ?).

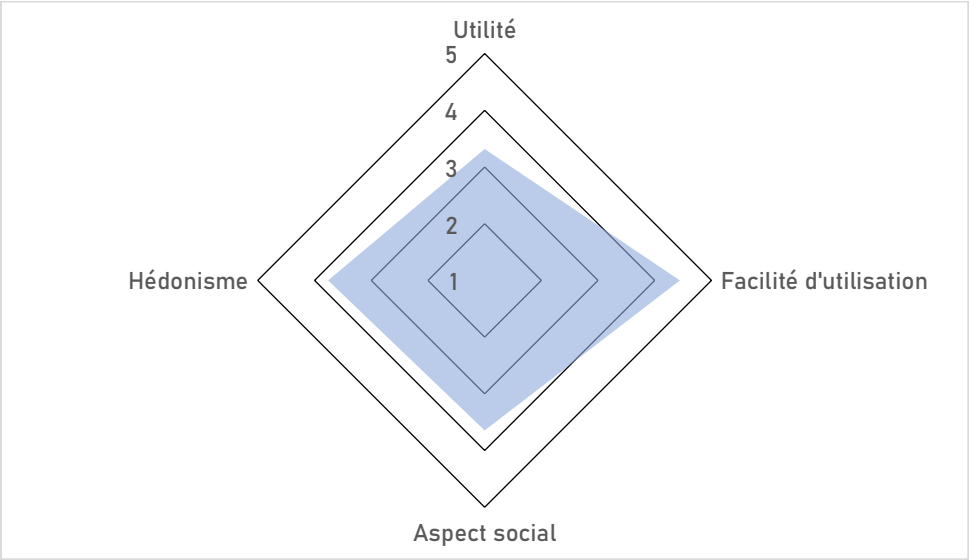

Figure 26 : Dimensions de l'expérience utilisateur de la lampe solaire.

[13] Capacité de la low-tech à répondre aux objectifs de l'utilisateur.
[14] Influence des autres sur le comportement du répondant.

8.10.2 PROBLEMES IDENTIFIES

Les répondants ont évoqué 38 problèmes (regroupés en 13 catégories). Les problèmes peuvent être issus d'expériences passées avec la low-tech ou d'une projection dans son utilisation future (ces problèmes étant donc moins représentatifs de problèmes « réels » que les précédents).

- **Composants (7) :** Les composants ne sont pas low-techs ni écologiques
- **Redondance existant (7) :** Manque d'utilité par rapport à une lampe de poche classique ou une lampe branchée au réseau électrique
- **Esthétique (6)**
- **Rechargement (3) :** Rechargement contraignant
- **Rechargement dans un environnement peu/pas ensoleillé (3) :** Difficulté de rechargement pour les personnes n'ayant pas accès à l'extérieur ou dans des régions avec un faible ensoleillement
- **Éteindre (2) :** Pas de possibilité d'éteindre la lampe
- **Capteur solaire dissocié (2) :** Pas de possibilité de dissocier le capteur solaire pour ne pas avoir à déplacer la lampe pour le rechargement
- **Fabrication (2) :** Fabrication compliquée
- **Puissance (2) :** Puissance trop faible
- **Étanchéité (1) :** Risque de manque d'étanchéité
- **Robustesse (1) :** Manque de robustesse
- **Utilisation frontale (1) :** Pas de possibilité de l'utiliser en frontale
- **Utilisation sur pied (1) :** Pas de possibilité de l'utiliser sur un pied

8.10.3 MODES DE DIFFUSION ATTENDUS

Face à la simplicité de la low-tech (mise en avant dans la description donnée aux répondants), ceux-ci optent majoritairement pour un accès en autonomie ou par apprentissage direct (plans, tutoriel, chantier) (voir Figure 27).

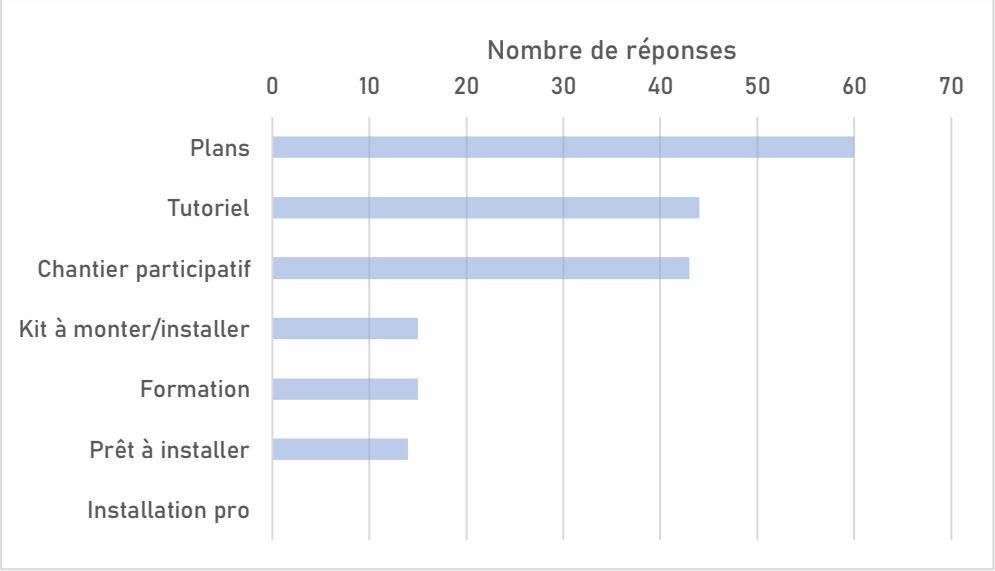

Figure 27 : Modes d'accès attendus à la lampe solaire.

9. CONCLUSION

9.1 Résultats importants

- L'analyse des représentations permettent de comprendre comment le low-tech est perçu. Cela permet de définir le low-tech du point de vue des répondants.

- Une liste de critères low-techs peut être définie sur la base des représentations. Elle peut être utilisée pour évaluer des low-techs ou comme des critères de conception.

- 3 low-techs semblent diffusables : le chauffe-eau solaire, les toilettes sèches et le garde-manger.

- 4 low-techs nécessitent d'être améliorées avant d'être diffusées : le chauffage solaire, le poêle de masse, la lampe solaire et la culture de pleurotes.

- 3 low-techs (hydroponie, bélier hydraulique, larves de mouches) nécessitent une réflexion importante avant de pouvoir imaginer une diffusion large.

- Les problèmes identifiés pour les 10 low-techs permettent d'orienter la communication sur certains aspects mal perçus ou peut permettre d'orienter de nouveaux choix de conception.

- Les préférences des modes d'accès varient en fonction des low-techs.

- Il serait intéressant d'explorer plus largement les différents modes d'accès, notamment hors « autonomie » et les outils qui peuvent faciliter l'accès au low-tech.

- Parmi les problèmes remontés, il semble que l'utilisation des low-techs en ville/appartement/sans jardin soit compliquée (stockage, espace nécessaire, valorisation, intégration à un existant contraignant etc.). Le low-tech apparait donc s'adresser majoritairement à un profil maison-campagne. Dans une logique d'accessibilité revendiquée du low-tech, il serait pertinent d'adapter les low-techs à un contexte urbain ou de réfléchir à des low-techs spécifiques à ce contexte.

- Des services (assurance, approvisionnement, récolte, entretien etc.) autour des low-techs pourraient résoudre certains problèmes.

9.2 Limites

Quelques limites de l'étude sont à mentionner dans la perspective de futurs travaux en ergonomie, recherche utilisateur etc. appliqués au low-tech.

- L'étude a porté sur un échantillon principalement constitué de fans du groupe Facebook du Low-tech Lab. Les réponses recueillies sont donc tintées d'un biais qui renforce leur côté positif. La moyenne des attitudes sur le low-tech est de 4,73 sur 5 (1 = sceptique / 5 = convaincu-e). Dans de futurs travaux, il faudra mettre sur l'accent sur la constitution d'un échantillon plus représentatif du public visé (ex : grand public pour connaître sa représentation des low-techs, agriculteurs pour évaluer le bélier hydraulique).

- En corollaire, dans le cas d'une future étude par questionnaire il est recommandé de choisir des low-techs plus homogènes (ex : technologies solaires uniquement ou technologies à visée agricole uniquement) qui s'adapteront mieux à un échantillon spécifique.

- Par soucis de concision les low-techs étaient présentées succinctement dans le questionnaire ce qui a entrainé des limites dans le niveau d'information des répondants et donc dans la qualité et la quantité des problèmes remontés. Ce problème est surtout flagrant pour le bélier hydraulique, la culture de pleurote et le garde-manger qui n'ont pas été très bien compris. Dans le futur, il serait positif de plutôt se concentrer sur quelques low-techs bien décrites que sur une approche « généraliste », les résultats en sortiront renforcés.

- Avec le protocole actuel il n'était pas possible de discriminer les problèmes issus d'une expérience réelle (« vrai problème ») de problèmes imaginaires issus d'un *a priori* à la lecture de la description/image de la low-tech évaluée. Séparer les 2 types de problèmes permettra de les prioriser en fonction de l'objectif : améliorer l'usage réel ou travailler l'acceptation. Pour cela, il serait possible d'ajouter une question demandant le niveau d'expérience avec la low-tech (déjà utilisée, déjà fabriquée, déjà installée, connaissance théorique etc.).

- Lors du traitement, des problèmes importants liés à l'encombrement/installation des low-techs à domicile sont apparus. Malheureusement, n'ayant pas collecté de données à ce sujet (lieu d'habitation, ville/campagne, location/achat), il est difficile de fournir une explication générale à ces problèmes. Il serait recommandé d'inclure ces dimensions dans de futures études.

9.3 Perspectives

L'étude terminée, voici quelques réflexions d'ouverture à prendre en compte dans les futurs travaux d'ergonomie traitant des low-techs.

Trois champs d'application permettant de répondre à la question « *comment concevoir une low-tech ergonomique ?* » se dégagent : i) l'adaptation des low-techs aux utilisateurs pour rendre leur expérience d'usage plus satisfaisante (analyse de l'activité, entretiens, tests utilisateurs en conditions réelles, focus group, échelle d'utilisabilité, inspection cognitive, journal de bord, etc.), ii) étude des différences psychologiques entre les citoyens en faveur ou utilisateur des low-techs et les citoyens plus sceptiques (identification et prise en compte des accélérateurs/barrières à l'usage, configuration des besoins), iii) création d'une grille de critères permettant de guider par des principes ergonomiques la conception et l'évaluation des low-techs (sur le modèle des critères d'utilisabilité[15]). Ces pistes mettent l'accent sur des études plus proches de l'utilisation en condition « réelle » dans une volonté de réduire le fossé entre intention et comportement (qui limite la fiabilité des études par questionnaires).

[15] Les critères de Nielsen sont un exemple de critères d'utilisabilité applicable aux logiciels (lien). La limite de la plupart des critères en ergonomie est qu'ils sont pensés pour des systèmes high-techs, fortement interactifs. D'où l'intérêt, d'une grille de critères avec des indicateurs dédiés aux low-techs.

10. ANNEXE : QUESTIONNAIRE DIFFUSÉ

PAGE 1 : Description de l'étude

Nous vous conseillons de répondre à ce questionnaire depuis un ordinateur. Framaforms est une solution peu fonctionnelle sur smartphone.

Ce questionnaire fait partie d'un projet de recherche du Low-tech Lab, il vise à rendre les low-techs plus adaptées au grand public. Il est réalisé en collaboration avec 2 ergonomes bénévoles.

Le Low-tech Lab (www.lowtechlab.org) est une association qui a pour mission de partager les solutions et l'esprit low-tech au plus grand nombre, afin de permettre à chacun de répondre à ses besoins de base de manière autonome et durable. Depuis 2013, plus de 50 technologies ont ainsi été repérées, testées, documentées et diffusées en open-source via notre plateforme collaborative.

Le questionnaire prend 10 minutes environ. Il a pour objectif de recueillir votre avis sur la démarche low-tech en général et sur deux prototypes en particulier afin de les améliorer et d'en faciliter la diffusion. Pour toute question, vous pouvez contacter hello@lowtechlab.org

Consentement

Vos réponses seront analysées de façon anonyme. Les résultats de cette recherche peuvent faire l'objet de communications ou publications scientifiques.

Je déclare avoir au moins 18 ans et accepte de participer volontairement à cette étude.

[case à cocher]

PAGE 2 : Questions générales

- Quel est votre âge ? *
  - [texte libre]
- Quel est votre sexe ? *
  - [liste déroulante : Masculin/Féminin/Autre/Je préfère ne pas répondre/Autre sexe]
- Quel est votre niveau de connaissances du low-tech ? *
  - [échelle de Likert : Novice 1 > Expert-e 5]

PAGE 3 : Définition du "low-tech"

Au Low-tech Lab, nous employons le terme low-tech pour qualifier des objets, systèmes, techniques, services, savoir-faire, pratiques, modes de vie et courants de pensée, qui font reposer l'usage de la technologie sur trois principes : utilité, accessibilité, durabilité.

- Utilité. Une low-tech répond à des besoins essentiels (dans les domaines de l'énergie, l'alimentation, l'eau, la gestion des déchets, les matériaux de construction, l'habitat, les transports, l'hygiène ou la santé).
- Durabilité. Robuste, réparable, recyclable, elle est pensée pour que son impact écologique et social soit optimal de la production, la distribution, l'usage, jusqu'à la fin de vie.
- Accessibilité. À l'inverse des high-techs, son coût et sa complexité technique ne sont pas prohibitifs pour une large tranche de la population.

PAGE 4 : Exemple : comparaison d'objet low-tech et high-tech

	Low-tech	**High-tech**
	Rasoir de sécurité Merkur™	Rasoir chauffant Gillette™
	Source : www.dovo.com	*Source : www.gillette.fr*
Utilité	Besoin essentiel (se raser)	Besoin essentiel (se raser) et secondaire (avoir une sensation de chaleur sur le visage)
Durabilité	Robuste	Fragile (nombreux composants électroniques)
	Réparable (peu de pièces et standardisation des pièces)	Peu réparable (beaucoup de pièces complexes)
	Facilement recyclable (un seul matériau)	Difficilement recyclable (matériaux composites et hétérogènes)
Accessibilité	30€ neuf (+10€ les 100 lames)	150€ neuf (+50€ les 8 lames)

- Quelle est votre attitude vis-à-vis du low-tech ? *
    - [échelle de Likert : Sceptique 1 > Convaincu-e 5]

PAGE 5 : Expérience utilisateur perçue de la low-tech 1[16] (1/2)

Enjeux

[texte de description des enjeux de la low-tech 1]

Description

[texte de description générale de la low-tech 1]

[image]

- Ce [nom du dispositif] low-tech serait utile dans ma vie quotidienne *
    - [échelle de Likert : Pas du tout 1 > Tout à fait 5]
- Ce [nom du dispositif] low-tech me paraît simple à utiliser *
    - [échelle de Likert : Pas du tout 1 > Tout à fait 5]
- Je recommanderais ce [nom du dispositif] low-tech aux personnes importantes pour moi *
    - [échelle de Likert : Pas du tout 1 > Tout à fait 5]
- Utiliser [nom du dispositif] low-tech serait plaisant *
    - [échelle de Likert : Pas du tout 1 > Tout à fait 5]
- J'ai l'intention d'avoir un [nom du dispositif] low-tech *
    - [échelle de Likert : Pas du tout 1 > Tout à fait 5]

PAGE 6 : Problèmes et modes d'accès à la low-tech 1 (2/2)

Enjeux

[texte de description des enjeux de la low-tech 1]

Description

[texte de description générale de la low-tech 1]

[image]

- Qu'est-ce que qui vous poserait problème avec [nom du dispositif] low-tech ? (facultatif)
    - [zone de texte libre]
- Comment souhaiteriez-vous que le [nom du dispositif] low-tech soit amélioré ? (facultatif)
    - [zone de texte libre]

[16] Chaque répondant se voyait affecter 2 low-tech, les pages 5 et 6 étaient donc répétées deux fois (une fois pour chacune des 2 low-techs)

- Quel moyen(s) d'accéder à cette low tech vous conviendrai(en)t le plus (plusieurs choix possibles) (facultatif) ?
  - Plans
  - Tutoriel
  - Formation
  - Chantier participatif
  - Kit à monter et installer
  - Produit déjà monté et prêt à installer
  - Installation par un professionnel
  - Aucune des propositions ci-dessus
  - Autre (saisissez votre besoin dans le champ qui apparaîtra ci-dessous)

PAGE 7

Idem page 5 mais pour la low-tech 2

PAGE 8

Idem page 6 mais pour la low-tech 2

PAGE 9 : Votre avis sur le low-tech

- En quelques lignes, donnez-nous votre opinion sur la démarche low-tech ? *
  - [zone de texte libre]
- Quels sont les 3 mots qui représenteraient le plus le low-tech pour vous ? *
  - [zone de texte libre]

PAGE 10 : Fin du questionnaire

- Si vous souhaitez recevoir une synthèse des résultats saisissez votre courriel ci-dessous (facultatif)
  - [zone de texte libre]
- Avez-vous des remarques sur ce questionnaire ? (facultatif)
  - [zone de texte libre]

LOW-TECH LAB