

## **Option projet LOWTEC**

WELOW - We Explore Low-tech

2022-2023

Etude de Faisabilité

Version 2

*Janvier 2023*

---

## Sommaire:





1. Intro
2. Système Alimentation
3. Système Hydroponique
4. Système Energie
5. Système ECS
6. Système Numérique
7. Conclusion

# Introduction

Une réunion a eu lieu le mercredi 5 Octobre. Celle-ci rassemblait l'équipe Lowtec et Emmanuel de Explore. L'objectif était d'établir la faisabilité des différentes solutions pour chaque système à étudier. Cette réunion faisait suite au schéma solution/Besoin et a abouti à l'élaboration de ce document.

L'objectif de ce document est de déterminer le scope d'action du projet avec le client, ainsi que les pistes qui méritent d'être approfondies pour répondre aux chaînes de besoin établies. C'est un fonctionnement agile qui permet de questionner une nouvelle fois les besoins et envies du clients.

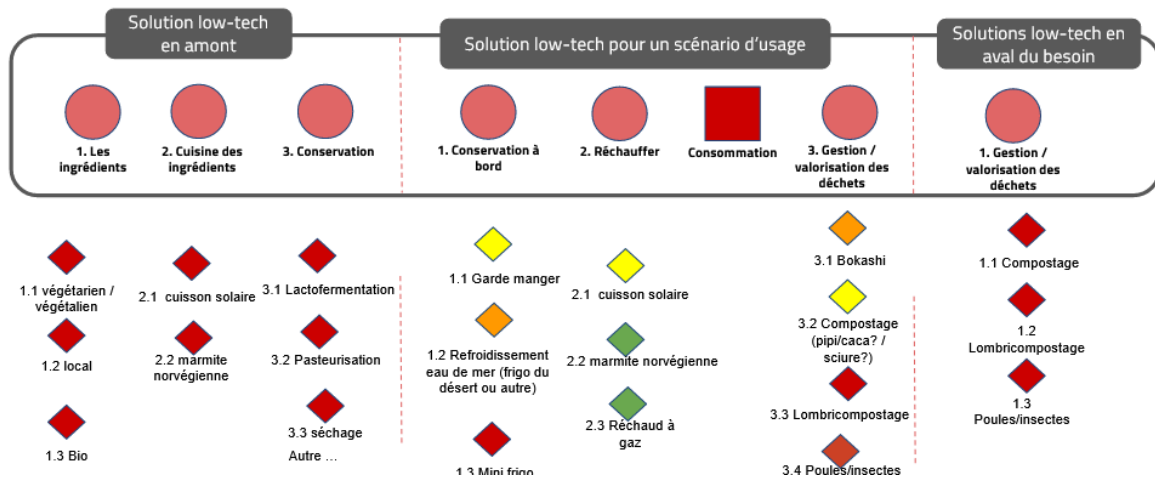
Pour exprimer nos choix, voici alors le code couleur utilisé :

-  On garde, déjà prévu, pas dimensionnement
-  Existe, à dimensionner
-  Étudier la faisabilité
-  On ne garde pas

Pour chacune des solutions "intéressantes", nous détaillerons légèrement les conclusions de nos échanges. Nous établirons un ordre de priorité pour chacune des solutions.

# Système Alimentation

Voici un schéma qui fait l'état de l'art des différentes solutions low-tech pour chaque fonction du système Alimentation:



Suite à notre réunion avec Explore, nous avons colorié les solutions pertinentes:

## Garde manger:

*ordre priorité 2*

Cette solution est jugée nécessaire pour conserver de la nourriture. L'utilisation du mini-frigo n'est pas retenue au vu de sa consommation. Le dimensionnement de ce garde-manger est nécessaire. Celui-ci est un système assez encombrant, il faut le penser intelligemment.

## Refroidissement par eau de mer (Zeer pot) :

*ordre priorité 3*

D'un point de vue pédagogique, démonstrateur, il serait intéressant de penser un Zeer Pot. Cependant cette solution ne fonctionne pas bien si l'humidité est trop élevée. Il faudrait récupérer cette donnée d'humidité en amont.

## Cuisson solaire:

*ordre priorité 2*

Plusieurs designs de fours solaires existent. Il est pertinent d'en déployer un par beau temps pour réchauffer de la nourriture, reste à voir quel modèle est le plus performant.

L'équipe ne va pas fabriquer un cuiseur solaire mais utiliser une solution du marché.

### **Marmite norvégienne :**

*ordre de priorité 3*

Une isolation extérieure de la marmite permet de limiter les pertes calorifiques et est très simple à mettre en place. La solution retenue est une couverture en laine d'alpaga modulable pour plusieurs casseroles.

/!\ Marmite norvégienne à réfléchir pour l'adapter à la cuisson solaire : chaussette sur mesure

### **Réchaud à gaz:**

*ordre de priorité 3*

La présence d'un réchaud à gaz est obligatoire en cas de problème des autres systèmes de chauffage.

### **Bokashi:**

*ordre priorité 3*

Inodore, plus rapide qu'un compost, peu contraignant et adapté aux espaces clos, le Bokashi a tout pour lui. La question est de savoir si nous pourrions valoriser le jus et le terreau produit avec.

Un mini Bokashi serait intéressant.

Il faudrait étudier son implantation sur la base d'Explore et son utilisation. Viser une solution pratique, démontable. Dimensionner le flux de matière.

### **Compostage:**

*ordre priorité 2*

Le compostage est essentiel pour valoriser les déchets organiques, que ce soit alimentaire ou des selles. En déposant régulièrement une couche de sciure, on assèche et équilibre le mélange pour éviter les odeurs.

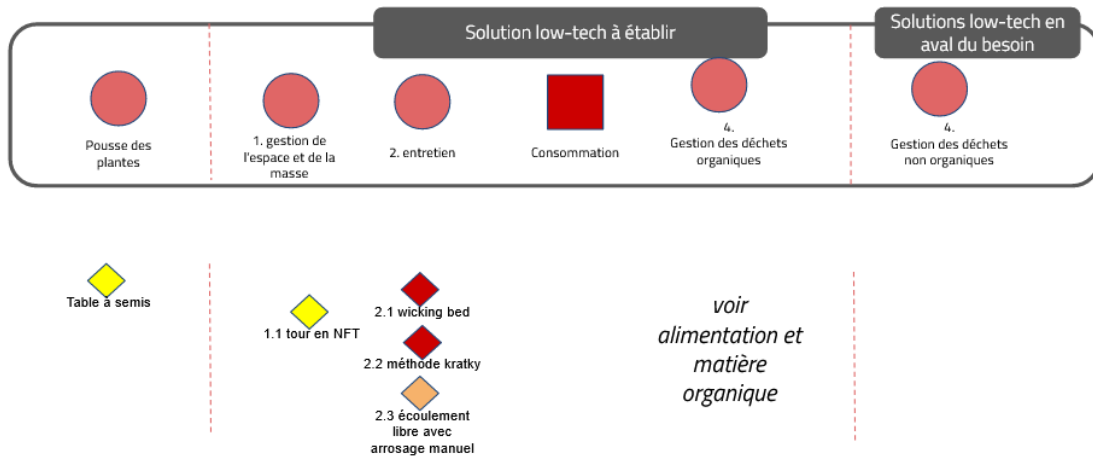
Légalement, tout bateau construit après 2008 doit être équipé de stockage ou de broyeur pour ne pas rejeter les fèces et urines dans les ports et près de la côte. Le We Explore est équipé d'une cuve de 50L pour l'eau noire.

La loi de 2023 vient aussi questionner la gestion de nos déchets.

Nous imaginons un pré-compost pour stocker matière fécale et déchet organique. Nous choisissons de séparer matière fécale et urinaire pour ne conserver qu'un petit volume pour le compost. L'urine sera valorisée en partie selon les besoins que nous établirons, et le reste sera rejetée en mer.

# Système Hydroponique

Voici un schéma qui fait l'état de l'art des différentes solutions low-tech pour chaque fonction du système Hydroponique:



Suite à notre réunion avec Explore, nous avons colorié les solutions pertinentes:

## Tour en NFT:



Design intéressant par sa productivité par mètre carré. Plutôt adapté aux plantes vertes comestibles type salade, basilic, épinard, blettes, etc. Nécessite une petite pompe DC, de l'ordre de 30W a priori.

*Où stocker ça à terre, à EXPLORE ?*

### **Écoulement libre avec arrosage manuel:**

Système simple mais assez peu productif, il a cependant l'intérêt de trouver sa place sur quelques espaces horizontaux du navire.



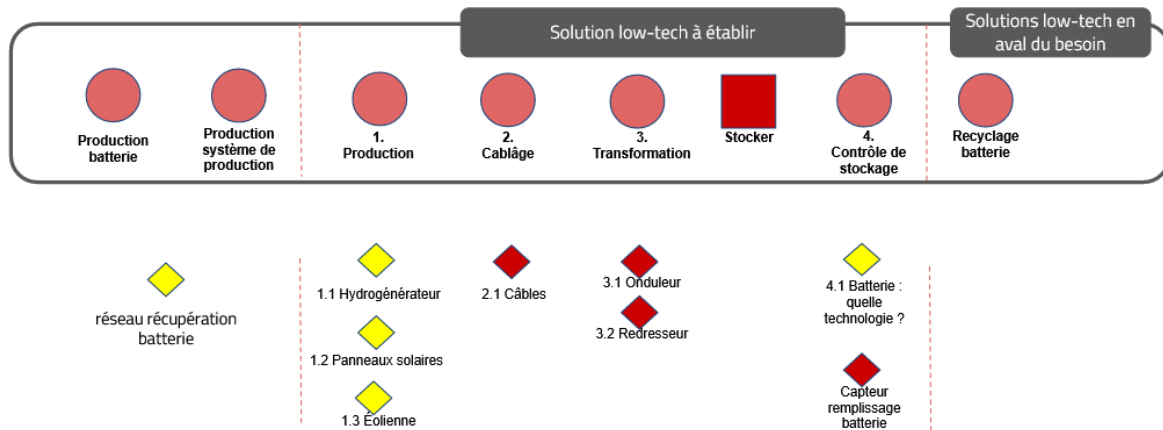
### **Préparation à terre :**

Il faut réaliser les semis à terre et déplacer le module hydroponique à bord lors du départ. Les semis de laitue peuvent démarrer dès février s'ils sont protégés des gelées par un voile ou une serre.

Le système hydroponique est de priorité 2. C'est un élément bien que complexe qui n'est pas central dans le fonctionnement du bateau.

# Système Energie

Voici un schéma qui fait l'état de l'art des différentes solutions low-tech pour chaque fonction du système Énergie:



Suite à notre réunion avec Explore, nous avons colorié les solutions pertinentes:

## Hydrogénérateur:

Étant sur un bateau, la solution d'un hydrogénérateur est très avantageuse. Un dimensionnement croisé avec les autres solutions de production d'électricité reste nécessaire.

Puisque nous pouvons compter sur des performances intéressantes à la voile du We Explore, nous devrions tirer une quantité non négligeable de l'électricité nécessaire à bord, jusqu'à 70% la solution semble donc quasi-indispensable, d'autant plus qu'il existe des designs low-tech, dont nous avons un contact direct.

## Jean Rivière :

280 mm. Ancien prof de l'ENS. Voyage automatisme industriel. Il suit des ingénieurs en césure tour du monde.

Hélice travaille à l'envers. Embase de réemploi de moteurs hors-bord. Pb en traction, pas optimum. Chaîne de transmission pas opti → train engrenage conique : 10 à 20 % de pertes. Embase ne convient pas → monocoque mouvement de tangage - > sortie de l'eau de l'hélice

Convertisseur et régulation → moteur brushless à aimant permanent. Travailler sur les algorithmes de recherche point de fonctionnement optimum. Couple alternateur/génératrice à étudier, entre fonctionnement MPPT et dimensionnement des dispositifs.

Production sans optimisation de l'ordre de 1 A / nœud. 8A dès 7 nds.



### Dimensionnement de l'hélice :

Hélice → l'inverser car l'embase de hors-bord chinoise non adaptée à ce sens de rotation

Pour un cata de 12 nds, pb de cavitation (hélice qui sort de l'eau, vide qui se forme à la surface des pales) -> besoin de réduire le diamètre

Chinois base d'embase moteur brushless de 48 V nominal. Équipement tout monté. Possibilité de retirer le variateur pour mettre redresseur ou MPPT et récupérer l'énergie

Hélice 280mm → pointe à 9nds, est cassée. La poutre est mal dimensionnée pour ces efforts, probablement davantage en poussée qu'en traction (moteur hors-bord)

Génératrice : moteur brushless, loin de tirer le max de puissance. Constance de Kv faible.

Laisser filer la tension sur des U élevées et chercher de meilleurs points de fonctionnement.

Il est ok pour travailler dessus sur la poutre et tout.

Bibliographie. Partenariat en visio à distance.

Nb de cycle + durable. Distance de contact. Chaîne youtube → référencement en Australie et aux USA. Vieillesse de cellules et impédance en fin de cycle.

Off grid clash.

Livre énergie avec plusieurs sources de production.

### **Panneaux solaires:**

Cette solution est très intéressante mais présente des contraintes fortes par son encombrement.

Un dimensionnement croisé avec les autres solutions de production d'électricité reste nécessaire.

### Choix du fournisseur:

Le premier point évident à valider est la « marinisation » du matériel. En mer, le matériel est soumis à de fortes contraintes : sel, eau, vent, UV... Il faut donc privilégier les fabricants utilisant des matériaux appropriés et ayant une longue expérience dans le domaine.

### Choix des cellules:

Il existe 3 types de cellules : amorphes, polycristallins et monocristallins

- Les cellules amorphes ont pratiquement disparu du marché car ayant un rendement\* trop faible

- Les cellules polycristallines sont fabriquées avec des éclats de silice qui sont amalgamés. Le rendement est de l'ordre de 14 % et elles vieillissent plutôt mal
- Les cellules monocristallines sont issues de barres de silice pure. Elles ont un rendement entre 17 et 20 %. Elles sont par contre plus chères.

La technologie Back Contact qui permet de raccorder les cellules par l'arrière optimise la surface exposée au soleil et donc augmente le rendement. On peut ainsi arriver à un rendement de 25%.

La place disponible sur un bateau étant limitée, il est préférable de choisir des panneaux solaires monocristallins avec technologie Back Contact. La différence de prix à l'achat s'amortira par une production plus importante.

### Souples ou rigides ?

Les panneaux solaires sont traditionnellement rigides et sont souvent placés sur le bossoir du bateau. C'est la solution la plus efficace car ils sont bien ventilés et peuvent même être orientables, par contre ils sont lourds et encombrants. On ne peut donc pas installer de grosses capacités.

Il existe aujourd'hui des [panneaux solaires souples](#) qui peuvent épouser une forme avec un petit rayon de courbure (Roof, Bimini, ...) et certains permettent même de marcher dessus (éviter tout de même les lieux de passages intensifs)

Ces panneaux utilisent les mêmes cellules que les [panneaux solaires rigides](#) qui sont recouvertes d'une résine spéciale qui peut aussi servir d'anti-dérapant. Là encore il existe une offre abondante. Mais bon marché ne rime pas toujours avec longévité. Le milieu marin étant particulièrement exigeant, il faudra privilégier la qualité et les fournisseurs ayant une grande expérience dans un milieu marin.

Les panneaux souples sont très légers et on peut plus facilement les implanter sur le bateau. Certains multicoques modernes peuvent recevoir pour plus de 3 KW de panneaux solaires.

L'inconvénient principal du panneau souple est qu'il doit être installé à plat pont et il n'est donc pas toujours bien orienté au soleil, par ailleurs les montages en série peuvent poser des problèmes lorsqu'un élément de la série se trouve à l'ombre.

Une solution alternative peut consister en des [panneaux repliables et démontables](#) que l'on positionnera en fonction du soleil lorsque l'on se trouve au mouillage.

### Choisir le bon régulateur:

Une fois les bons panneaux choisis, il s'agit de penser au reste de l'installation qui conditionnera aussi l'efficacité de toute la chaîne de production. La section du câble en fonction de la puissance transmise (loi d'ohm) et la distance avec les batteries, la qualité des connecteurs et des connexions et enfin le régulateur.

Il serait dommage de perdre 20 % de rendement pour économiser quelques euros.

Le régulateur transforme la tension en sortie des panneaux en une tension de charge des batteries. Il faut donc tout d'abord s'assurer qu'il est bien compatible avec le parc de batteries (Lithium, AGM qui n'ont pas les mêmes courbes de charge)

### **Il existe 2 types de régulateurs :**

- Les PWM (Pulse Width Modulation) et les MPPT (Maximum Power Point Tracking), les premiers sont bon marché et se contentent de baisser la tension en sortie des panneaux en 14 V pour les batteries sans modifier l'ampérage. Si le panneau sort du 20 volts que l'on ramène à 14 V pour charger la batterie on perd ainsi 30 % puisque l'ampérage reste le même.
- Les MPPT ajustent en permanence l'ampérage au voltage sorti des panneaux, les meilleurs MPPT atteignent des efficacités supérieures à 95 %.

Au vu du dimensionnement énergétique, des panneaux rigides installés sur l'arrière du bateau et des panneaux souples sur les côtés du bateau sur lesquels on puisse marcher, semble une solution envisageable. Le régulateur MPPT semble s'imposer au vu de son efficacité. Enfin, les panneaux munis de cellules monocristallines seront privilégiés au vu de la technologie qui est la plus fiable, robuste et efficace.

### **Eolienne:**

Cette solution est peu avantageuse pour produire à grande échelle, cependant une éolienne miniature à but pédagogique pour subvenir à une charge d'ordinateur ou téléphone est retenue. On peut espérer jusqu'à 30% de la production d'électricité totale en éolien, le dispositif ne semble donc pas indispensable, bien qu'il existe des designs low-tech assez intéressants.

→Low tech éolienne. Diagramme pour Bilou de toutes les éoliennes. (Prix, niveau low-tech, puissance, temps fabrication...)

### Batterie:

**AC/DC :** (<https://www.jecmarine.com/utiliser-cc-vs-ca/>)

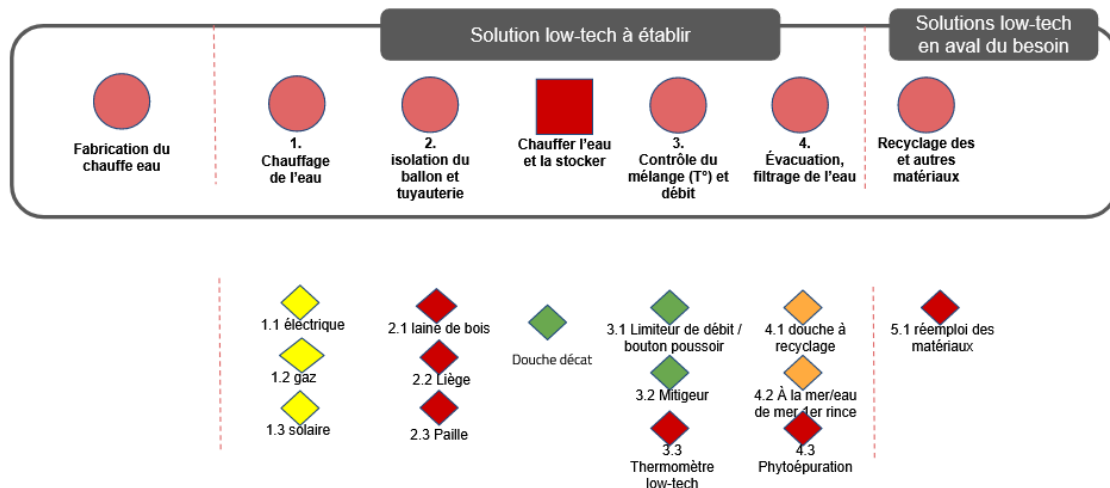
En navigation le courant AC a de nombreux désavantages, le plus simple serait d'envoyer toute l'électricité produite directement aux batteries, puis de rediriger aux systèmes avec un onduleur si besoin d'AC. L'étude énergétique fait apparaître le besoin d'un parc supplémentaire au moins aussi volumineux que celui installé (4,7kWh).

Une solution upcyclée à partir de cellules Li-Ion issues de vélos électriques semble s'imposer.

- Projet CAO design du parc batteries "Carénage anti-vibratoire" avec l'option IPROD ?  
*Vraiment utile, ou avec les compétences de IECO ?*
- *Éviter les transformations AC/DC → perte 10%/transformation ?*

# Système Eau chaude et sanitaire

Voici un schéma qui fait l'état de l'art des différentes solutions low-tech pour chaque fonction du système ECS:



Suite à notre réunion avec Explore, nous avons colorié les solutions pertinentes:

*Quel est le poids d'un CE 150L ?*

## Douche décathlon :

*ordre priorité 3*

L'usage retenu est de se rincer à la fin d'une baignade grâce à une poche noire chauffée par les rayons du soleil. Solution intéressante, utile, démontable, peu coûteuse. Ce ne sera cependant pas une solution de lavage car manque d'efficacité de chauffage et manque de débit.

## Appoint ou Ballon :

*ordre priorité 1*

Après une discussion avec un chauffagiste, nous décidons de travailler sur une solution avec un ballon, solution beaucoup plus souple, et qui permet de privilégier le solaire. L'appoint n'est intéressant que pour un chauffage au gaz, ce n'est pas l'optique low-tech.

## Chauffage Gaz:

*ordre priorité 1*

Intéressant uniquement si chauffage d'appoint, pas low-tech ni renouvelable. Nous proposons d'abandonner la piste.

## Chauffage Électrique:

### *ordre priorité 1*

Une résistance électrique sera dans le ballon pour asservir la température si le chauffage solaire ne peut subvenir au chauffage seul (la nuit ou temps de pluie). Nous étudions différents croisements des systèmes el

### **Chauffage solaire:**

#### *ordre priorité 1*

Celui -ci est gardé. On peut réduire de plusieurs kWh la consommation électrique grâce à un chauffage solaire. Les expériences de différents utilisateurs sur le low-tech Lab montre que l'on pourrait produire jusqu'à 75% de l'eau chaude. Cependant, les données manquent sur les caractéristiques de cette solution.

Une grosse question se pose sur ou mettre les capteurs solaires, ou installer les échangeurs... Un gros travail de dimensionnement et de conception.

### **Mitigeur :**

#### *ordre priorité 3*

Un bon mitigeur permet de mieux contrôler la température en sortie de l'eau et au-delà d'un meilleur confort, cela favorise l'économie d'énergie. Il est nécessaire.

### **Limiteur débit/bouton poussoir :**

#### *ordre priorité 3*

Plutôt que de rester passif, sous la douche, un bouton poussoir oblige la personne à se demander si elle souhaite rester plus longtemps sous la douche et favorise l'économie d'eau.

Nous l'utiliserons.

### **Douche recyclage:**

#### *ordre priorité 3*

Les résultats du low-tech Lab montre qu'à ce jour, une solution de douche à recyclage pour se laver n'est pas fonctionnelle, l'eau est trop savonneuse à la sortie.

#### Avantages:

*Son usage peut alors être intéressant uniquement si l'on souhaite installer un confort sur une prolongation du temps passé sous l'eau: à terme des 3 minutes de douches "lavage" pourrait s'ajouter quelques minutes de douches " recyclage".*

#### Inconvénients:

*Cela représente une économie d'eau seulement si l'on considère qu'une douche plus longue entre dans notre scope de besoins. Cela implique un asservissement de la température et donc une conso (bien que faible) d'électricité supplémentaire.*

Conclusion de la faisabilité:

*Le système est intéressant à dimensionner et prototyper, mais il est loin d'être nécessaire et prioritaire. Si ce projet est porté, l'usage plug n play et adaptable à n'importe quelle douche est à mettre en avant. C'est plus un outil démonstrateur.*

**Douche eau salée:**

Ordre de priorité 1

Aspect sanitaire:

*Il faut faire attention à la compatibilité du savon à l'eau de mer. Un rinçage à l'eau douce est nécessaire à la fin du lavage à l'eau salée pour enlever le sel.*

Aspect chauffage:

*Stocker l'eau salée dans un ballon n'est pas recommandé: le ballon s'encrasse trop vite. Cependant la capacité thermique de l'eau salée est intéressante, l'amener en tant que source d'eau froide dans le mitigeur est le plus intéressant: demande moins d'eau chaude et économie d'eau (environ 15%).*

Complexité:

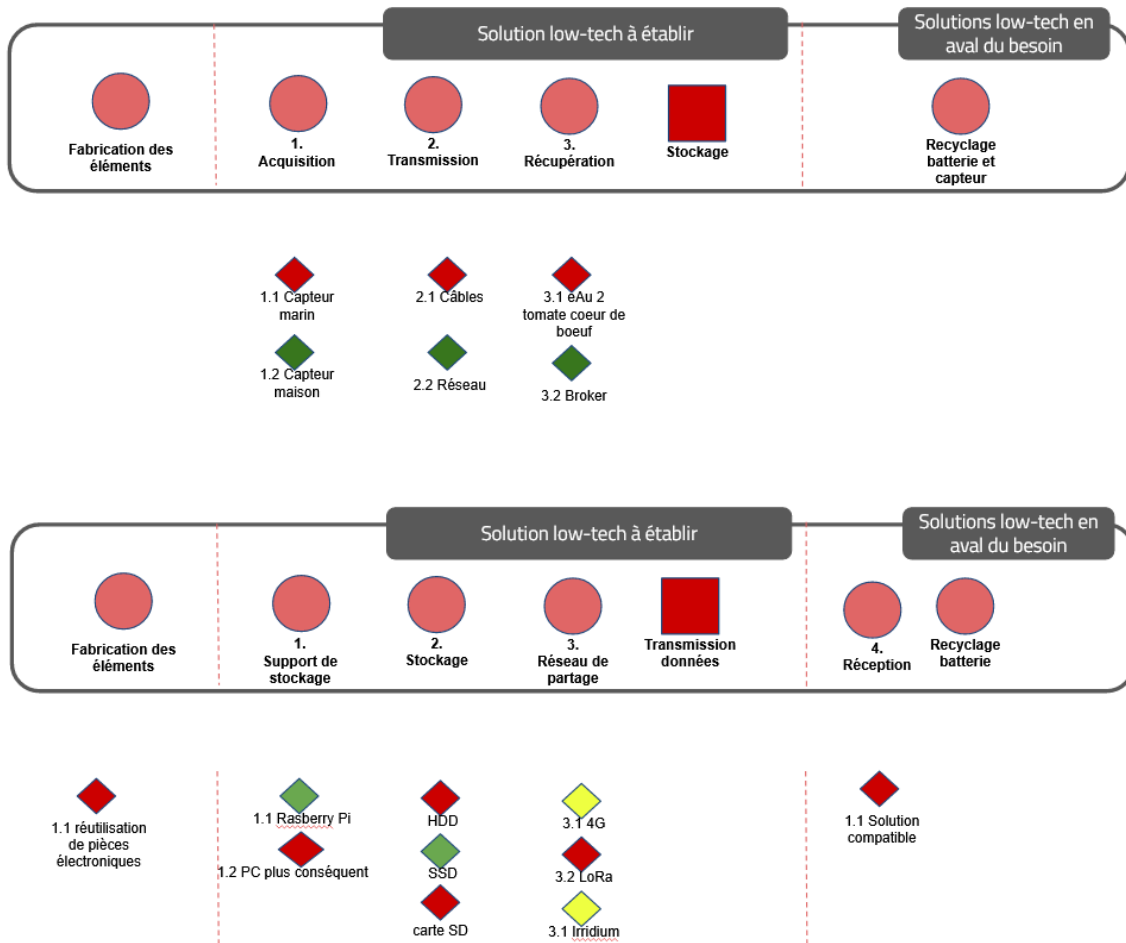
*Dans le cas d'un apport en eau froide sanitaire, juste de la tuyauterie, la pompe et mise en pression de l'eau est déjà en place sur le bateau.*

**Conclusion eau chaude sanitaire:**

Le système doit être étudié comme un tout, les solutions servent les unes aux autres. Son ordre global de priorité est 1. On distingue deux sous-parties: le système de circulation de l'eau et le système du capteur solaire

# Système Numérique

Voici un schéma qui fait l'état de l'art des différentes solutions low-tech pour chaque fonction du système numérique:



Suite à notre réunion avec Explore, nous avons colorié les solutions pertinentes:

## Transmission:

Au lieu de connecter physiquement chaque capteur à l'ordinateur, il est plus pertinent de passer par un réseau local qui élimine les câblages importants, bien plus sensible à l'humidité.

## Capteur maison:



---

Plutôt que d'acheter des capteurs spécialement conçus pour la navigation, qui répondent à des normes surdimensionnées, nous préférons nous orienter vers une solution moins chère, plus facilement réparable en achetant des capteurs plus "classiques". L'idée est de créer un boîtier capteur comprenant un capteur, le micro-contrôleur pour transmettre les informations et une cellule de batterie recyclée, changeable, pour alimenter le système en électricité.

**Raspberry pi :**

Les processeurs raspberry pi permettent une plus grande liberté de programmation, coûtent moins cher, sont très compacts et consomment peu. Bien que moins puissants qu'un ordinateur plus conséquent, ils suffisent à nos différents scénarios.

Il faut alors réfléchir, quel système d'exploitation ? Quels softs? Quelles applications?

## Conclusion:

ordre de priorité 1:	ordre de priorité 2:	ordre de priorité 3:
ECS capteurs solaires ECS plomberie ENER production ENER stockage NUM système numérique	Système hydroponie Garde manger Cuisson solaire Compostage	Douche à recyclage Douche Décathlon Zeer Pot Bokashi Réchaud à gaz Marmite norvégienne

Cette étude a permis d'éliminer certaines pistes de solutions et a permis d'identifier un ordre de priorité entre les différentes solutions. Nous avons ainsi défini les systèmes et leurs contenus à implémenter sur le We Explore.

Nous décidons alors de diviser le projet en quatre systèmes:

- Système Eau chaude sanitaire (ECS)
- Système Production et gestion de l'énergie (ENERG)
- Système Gestion de l'Alimentation (ALIM)
- Système Numérique (NUM)

Ces systèmes interagissent les uns avec les autres. Leur flux et interactions sont explicités sur les schémas de flux.