

V. Installation eau et électricité d'une maison en autoconstruction

Introduction	1
V.1. Electricité.....	2
Notions de base en électricité.....	2
1ère étape : Bilan de notre consommation énergétique.....	4
2ème étape : Déterminer la section des câbles	5
3ème étape : Source d'énergie : panneaux photovoltaïques	7
4ème étape : Régulateur.....	7
5ème étape : Stockage de l'énergie : batteries.....	8
6ème étape : Panneau de distribution	9
V.2. Eau dans la maison et sur le terrain.....	11
1ère étape : Aménagement du bassin d'eau près de la source	11
2ème étape : Tests de potabilité	12
3ème étape : Calculer les besoins en eau dans la maison	13
4ème étape : Remonter l'eau potable de la source vers la maison	13
5ème étape : Arrivée et distribution d'eau potable de la maison.....	15
6ème étape : Evacuation et traitement des eaux grises.....	16

Isabelle DE BRABANDERE & Cédric FRANCOYS

www.ICway.be

janvier 2011

Ce document est mis à disposition selon le Contrat Attribution-NonCommercial-ShareAlike 3.0 Unported
disponible en ligne <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/3.0/>
ou par courrier postal à Creative Commons, 171 Second Street, Suite 300, San Francisco, California 94105, USA.

Introduction

A propos de notre démarche

Ayant le projet de construire nous-mêmes notre maison, nous avons, comme de nombreux autoconstructeurs en herbe, consulté différentes sources d'information, réfléchi à de multiples options et fait de nombreux calculs et schémas. Ainsi, afin de nous aider à planifier la construction, nous nous sommes constitué différentes fiches techniques en reprenant le résultat de nos analyses de manière synthétique, en présentant les étapes de la construction de manière chronologique, et en tâchant de rendre accessibles des techniques parfois compliquées.

En mettant ces fiches à disposition de tous, nous souhaitons partager notre expérience et peut-être faciliter la tâche à d'autres autoconstructeurs. Notre idée est que, si nous pouvons le faire, cette démarche est à la portée du plus grand nombre !

Nous n'avons cependant pas la prétention ni les compétences de substituer ces fiches à des livres techniques ou aux conseils de professionnels. De fait, nous abordons uniquement les aspects liés à la construction de notre maison (50 mètres carrés), selon les techniques que nous avons retenues, et avec les postulats que nous nous sommes fixés (budget restreint, autoconstruction, matériaux locaux et écologiques) et les contraintes auxquelles nous avons été confrontés (normes urbanistiques, législation et disponibilité des matériaux).

A propos de cette fiche

Dans cette fiche, nous présentons les données qui nous ont permis de concevoir nos circuits d'électricité et d'eau, de même que le détail des installations à réaliser après le gros œuvre. Pour l'électricité, il s'agit des panneaux photovoltaïques, du régulateur, de la batterie et du panneau de distribution. Et pour l'eau, nous décrivons comment remonter l'eau de la source avec une pompe bélier et comment traiter les eaux grises dans une fosse septique.

Ce dossier nous a alors permis de compléter les fiches précédentes, dans le souci de maintenir une présentation chronologique des étapes de la construction. En effet, c'est dans les soubassements que nous faisons passer les fourreaux pour le passage des conduites d'eau et des gaines des câbles électriques (sauf pour 2 circuits passant par la chape). Dans la chape, passent également les tuyaux d'eau (évacuation, arrivée et alimentation des appareils).¹ Lors de la construction de l'ossature en bois des murs, nous protégeons les tuyaux d'arrivée d'eau et nous mettons en place les gaines électriques.² Enfin, les prises et les interrupteurs peuvent être mis dès les finitions du gros œuvre.³

¹ Voir Dossier 1 – Fondations et chape

² Voir Dossier 2 – Murs (avec schémas des 12 circuits)

³ Voir Dossier 4 – Finitions du gros œuvre.

V.1. Electricité

Notions de base en électricité

Pour caractériser un courant électrique, trois notions sont utilisées :

- 1) L'intensité (I), dont l'unité de mesure est l'ampère (A) : le débit de flux électrique qui passe en un instant t à travers un circuit électrique ;
- 2) La tension (U), dont l'unité de mesure est le volt (V) : la différence de potentiel entre les bornes d'un circuit électrique;
- 3) La puissance (P), dont l'unité de mesure est le watt (W) : la quantité d'énergie fournie par un circuit électrique.

Ces trois notions sont liées entre elles par la relation: $P = U \times I$

1) Intensité

A l'aide de la formule ci-dessus, on peut calculer l'intensité d'un courant électrique passant dans un appareil électrique sur base de la puissance qu'il consomme, en watts, et de la tension du circuit, en volts.

Exemple : le courant passant par une ampoule de 40 watts dans un circuit en 220 volts est de 0,18 ampères ($40W / 220V = 0,18A$). En suivant le même raisonnement on peut déterminer que sur un circuit en 110V le courant aura une intensité de 0,36A.

On constate donc que, à puissance consommée équivalente, l'intensité du courant est supérieure dans un circuit à tension plus basse.

Or, plus l'intensité est élevée, plus le conducteur (fil électrique) chauffe. Pour cette raison, le câblage doit avoir une section (diamètre) adaptée à l'intensité pour limiter les pertes énergétiques sous forme de chaleur et pour empêcher les câbles de surchauffer (ce qui pourrait conduire à leur fonte et éventuellement à un début d'incendie).

Ceci explique que les câbles soient généralement plus épais dans un circuit en 12V que dans un circuit en 220V.

2) Tension

L'électricité est notamment produite dans des centrales électriques industrielles et acheminée vers les lieux de consommation (par ex. les habitations) par un réseau électrique (pylônes ou lignes enterrées). Or, afin de minimiser les déperditions d'électricité par échauffement pendant ce transport il faut :

- Utiliser des câbles électriques de section importante ;
- Avoir une intensité la plus basse possible et donc une tension la plus élevée possible.

C'est pour cette raison que les lignes de transport d'électricité sont dites à « haute tension » (de l'ordre de 50.000V ou plus) et que le courant des habitations reliées à un réseau électrique est alternatif. En effet, il est aisé (à l'aide d'un transformateur) de convertir un courant alternatif de « haute tension » en un courant alternatif de « basse tension » (220V ou 230V en Europe et 110V aux Etats-Unis).

Néanmoins, certains appareils électriques habituels (lampes halogènes, PC portable, téléphones, ...) nécessitent une tension encore plus basse (24, 12, 5, voire 3V). Dans ce cas, ils sont fournis avec un adaptateur qui convertit la tension du circuit électrique de l'habitation (par exemple 220V en courant alternatif) en une tension adéquate (par exemple 12V en courant continu).

3) Puissance

Pour définir la consommation d'un appareil électrique, on parle de « wattheures ».

Prenons l'exemple d'une lampe « classique » à ampoule incandescente de 40W. Allumée durant 2 heures, elle aura consommé 80 wattheures. En cumulant la consommation de tous les appareils électriques, on obtient une

quantité qui s'exprime généralement en kilowattheures (1 kilowattheure = 1000 wattheures). C'est cette quantité qui est reprise sur les factures des fournisseurs d'électricité.

Principes de base

- Nous produisons notre électricité grâce au rayonnement **solaire** ;
- Il nous faut donc **stocker** l'énergie pour un usage ultérieur, car le rayonnement solaire n'est pas continu (pas de production électrique la nuit, ni lorsqu'il y a des nuages) ;
- Nous avons choisi de fonctionner exclusivement en **12 volts** par simplicité.
 - o En effet, il existe désormais des modèles en 12V pour beaucoup d'appareils électriques (utilisés dans les camions, les camping-cars et les bateaux : frigo, installation Hi-Fi, chargeur de téléphone portable, ...) et un grand nombre d'appareils fonctionnent nativement en 12V (lampes à ampoules halogènes et à ampoules LED, téléphone portable, rasoir et épilateur électriques, ...) ce qui permet d'éviter les pertes liées à la transformation du 220V en 12V (la plupart des appareils précités nécessitent un adaptateur dans un circuit 220V) ;
 - o Nous privilégions le mécano-ménager (vaisselle à la main, presse-agrumes mécanique, batteur mécanique, four traditionnel au bois, ...) et les appareils en 220V sont l'exception pour laquelle nous utilisons un inverseur (pour passer de 12V à 220V) ;
 - o Pas de raccordement des prises à la terre (pas de risque d'électrocution grave en 12V) ;
- Contrairement aux maisons des villes (courant alternatif), nos circuits électriques domestiques sont en **courant continu**, puisque nous n'avons pas besoin de rendre le courant alternatif pour le transporter sur des longues distances, ni de changer la tension (tout le circuit est en 12V).

Outillage

-

Matériaux

- câbles :
 - o câble rouge de 2mm² : 13,94m + 0,5m +0,5m = 14,94m
 - o câble bleu de 2mm² : 10,19m + 0,5m +0,5m = 11,19m
 - o câble rouge de 2,5 mm² : 81,27m
 - o câble bleu de 2,5 mm² : 67,83m
 - o câble rouge de 4 mm² : 45,05m
 - o câble bleu de 4 mm² : 38,05m
 - o câble rouge de 6 mm² : 5m
 - o câble bleu de 6 mm² : 5m
- Fusibles :
 - o 5 fusibles de 2A
 - o 5 fusibles de 4A
 - o 2 fusibles de 5A
 - o 1 fusible de 20A
- 1 panneau photovoltaïque 12V de 180W (donc de 15A max) + cadre métallique
- 1 régulateur de tension de 180V (15A)
- 1 batterie "Exide (Classic Enersol) 12V/250Ah" ou équivalente

Tâches

1ère étape : Bilan de notre consommation énergétique

Afin de prévoir une installation électrique adéquate, il convient tout d'abord de faire le bilan de la consommation énergétique. On utilise un tableau avec la liste des appareils électriques, en indiquant leur puissance ainsi qu'une estimation de la durée quotidienne de leur utilisation. On obtient ainsi un total de la consommation quotidienne en wattheures et en ampèreheures. Ainsi, nous évaluons nos besoins quotidiens à 774,45 Wh soit 64,54 Ah et pouvons alors calculer la part de chaque poste dans la consommation.

Consommateurs	Qté	Puissance		Tps utilisation sur 24h	Consommation		Part dans la consommation %
		Watts	Ampères		Wh	Ah	
Eclairage intérieur : LED							22,08%
Cuisine	2	6,00	0,50	3,00	36,00	3,00	4,65%
Salon	2	6,00	0,50	4,00	48,00	4,00	6,20%
Salle-à-manger	2	6,00	0,50	2,00	24,00	2,00	3,10%
Chambre	2	6,00	0,50	1,00	12,00	1,00	1,55%
Lampe sur prise mobile	2	6,00	0,50	3,00	36,00	3,00	4,65%
SDB	2	6,00	0,50	1,00	12,00	1,00	1,55%
WC	1	6,00	0,50	0,50	3,00	0,25	0,39%
Confort / Equipement							77,92%
PC travail	2	39,60	3,30	2,50	198,00	16,50	25,57%
Salon : PC video	1	39,60	3,30	0,07	0,34	0,03	10,23%
Epilateur électrique	1	4,80	0,40	0,07	0,34	0,03	0,04%
Réfrigérateur	1	35,00	2,92	10,00	350,00	29,17	36,15%
Compteur d'ampère/volt	1	0,12	0,01	24,00	2,88	0,24	0,37%
HiFi : lecteur USB + baffles	1	42,00	3,50	1,00	42,00	3,50	5,42%
Chargeur de tel portable	1	7,20	0,60	0,14	1,03	0,09	0,13%
Consommation totale / 24h					774,45	64,54	100,00%
Consommation totale / an					282.868,38	23.556,23	

Certains appareils, comme nos PC portables, fonctionnent avec une tension différente de 12V (19V dans notre cas). Des convertisseurs de tension seront donc nécessaires (12V→19V, rendement de 90%), ce qui reste cependant plus intéressant que de passer par du 220V (12V→220V→19V, rendement de 70%).

Pour faire l'estimation de la consommation, nous nous sommes référés aux indications de l'adaptateur 220V→19V qui mentionne une sortie en 19V et 2,1A soit une puissance maximum de 39,9W.

Pour convertir la tension de 12V en 19V nous utilisons un convertisseur Gotronic 120W présentant un rendement avoisinant les 90%. En 12V, la puissance maximum consommée sera donc environ de $39,9/0,9 = 44W$, ce qui correspond à une intensité de 3,6A (nous avons pris 3,3A comme moyenne).



Fig. 1. Convertisseur de tension DC.

2ème étape : Déterminer la section des câbles

Afin d'éviter à la fois les pertes de courant (qui peuvent conduire à une sous charge de la batterie) et tout risque de surchauffe des fils électriques, il est fondamental de mettre en place des fils électriques de section adéquate. Cette section dépend à la fois de la longueur du câble et de l'intensité qui y circulera.

Calculs

Les calculs sont réalisés un à un à l'aide d'une feuille de calcul. Puisque la section idéale doit se rapporter à une section existante (qui peut se trouver dans le commerce), la section ad-hoc est déterminée par essais-erreurs : un tableau contenant les sections standards est parcouru pour tester chacune des sections, de la plus petite à la plus grande. C'est la première section qui implique une perte inférieure ou égale à la perte maximum admise qui est sélectionnée.

Algorithme :

- 1) calculer la résistance pour une section de 1.5 mm²
- 2) calculer la perte correspondante (en %)
- 3) comparer cette perte avec la perte MAX admise (5%)
- 4) si perte <= perte MAX alors on a trouvé la section minimale, sinon passer à la section suivante (2mm², 2.5mm², 4mm², 6mm², 10mm², ...)

$$\frac{\text{Résistivité du cuivre en } \Omega\text{m} * \text{Longueur totale en m} * \text{Intensité en A}}{\text{Section en m}^2 * \text{Tension en V}} \leq \text{Déperdition max en \%}$$

- La résistivité du cuivre utilisée est 21.10⁻⁹ Ωm (au lieu de 17.10⁻⁹ Ωm), afin de simuler un environnement à température élevée et de disposer ainsi d'une marge de sécurité supplémentaire, vu que nous sommes dans une région méditerranéenne où les températures estivales peuvent parfois avoisiner les 40 degrés.
- La distance est le nombre de mètres qui sépare l'appareil électrique des batteries. Dans les calculs, cette valeur est multipliée par 2 (pour tenir compte de la longueur aller ET de la longueur retour).
- La section minimale est déterminée en limitant à 5% les déperditions de la puissance transportée dans le câble (qui se traduit par une variation de tension).

Résultats des calculs :

Section des câbles entre le panneau et le régulateur :

Intensité maximale : 16,6A si le panneau est de 200 Wc

Distance maximale des câbles : 5 m (hauteur de la maison + 2 m sur le toit)

Section des câbles : 6 mm²

Section des câbles entre le régulateur et les batteries :

Intensité maximale : 16,6A

Distance maximale des câbles : 0,5 m

Section des câbles : 1,5 mm² (on va prendre du 2,5 mm², section également utilisée pour les circuits).

Section des câbles entre les batteries et le panneau de distribution :

Intensité maximale : 16,6A

Distance maximale des câbles : 0,5 m

Section des câbles : 1,5 mm² (on va prendre du 2,5 mm², section également utilisée pour les circuits).

Si on utilise un inverseur (pas prévu pour le moment) :

Section des câbles entre les batteries et le panneau de distribution :

Intensité maximale : 40A

Distance maximale des câbles : 1 m

Section des câbles : 4 mm²

Dimensionnement des câbles et des fusibles (distances entre le panneau de distribution et les appareils):

Circuit	L interne (m)	L ext (m)	L totale (m)	section câbles (mm ²)	I int max (A)	I tot max (A)	I totale prévue (A)	Fusible	
1	lampes cuisine	10	5	15	2,5	3,5	2,38	2	3 A
2	lampes sdb	16	2,5	18,5	6	5	4,63	2	5 A
3	lampes chambre	14	4,5	18,5	2,5	2,5	1,93	2	2 A
4	lampes sam	10	4	14	2,5	3,5	2,55	2	3 A
5	lampes WC	9	0,5	9,5	2,5	3,5	3,75	1	3 A
6	prise sam 1 (mur wc)	7	1	8	2,5	5	4,46	4	5 A
7	prise sam 2	13	1	14	6	6	6,12	4	5 A
8	prise salon (poêle)	9,5	1	10,5	2,5	3,75	3,4	4	3 A
9	prise sdb	15,5	1	16,5	6	5	5,19	3	5 A
10	prise chambre 1	10	1	11	2,5	3	3,24	3	3 A
11	prise chambre 2	10	1	11	2,5	3	3,24	3	3 A
12	prise cuisine (frigo)	7	1,5	8,5	2,5	5	4,2	4	5 A

Notes post-installation :

- Pour un circuit donné, **l'intensité totale prévue** est toujours inférieure à **l'intensité totale maximale** (seuil au-delà duquel le circuit peut être endommagé) ;
- Dans la même logique, le fusible utilisé doit idéalement avoir une limite inférieure ou égale à l'intensité totale maximale. Cependant, dans le commerce, les fusibles TBT facilement disponibles sont de 3 et 5 ampères, il a donc fallu faire au mieux avec ce qu'on a pu trouver ;
- Dans la pratique, l'intensité effective des circuits d'éclairage s'avère être en-dessous de l'intensité prévue (ceci est dû aux lampes LED présentant un rapport lumens / watts désormais assez élevé – ex. : 400 lumens pour 4,8 watts) :
 - o Circuit 1 : 1,6 A
 - o Circuit 2 : 0,5 A
 - o Circuit 3 : 0,4 A
 - o Circuit 4 : 0,8 A

- Circuit 5 : 0,25 A
- Finalement, le circuit 8 ne sera pas utilisé (suite à une modification de l'aménagement de l'espace intérieur).

3ème étape : Source d'énergie : panneaux photovoltaïques

Combien de panneaux photovoltaïques ?

Le calcul à réaliser pour déterminer la puissance-crête d'une installation est :

$$P_c = E / (H * 0,75)$$

P_c est la puissance crête de l'installation en kWc

E est la quantité d'énergie électrique nécessaire pour couvrir les besoins annuels en kWh

H est l'irradiation totale annuelle en kWh/m²

0,75 est la performance moyenne d'une installation par rapport à l'irradiation

Selon le logiciel PVGIS du site de la Communauté Européenne propose notre lieu d'installation bénéficie d'une irradiation annuelle de 1940 kWh/m².an.¹

Dans notre cas, le calcul est donc le suivant : 283 / 1940 * 0,75 = 0,195 kWc soit 195 Wc.

Il existe notamment des panneaux photovoltaïques 12V de **200Wc** (soit 16,6A). Par conséquent, un seul panneau de ce type couvre nos besoins en énergie.

Installation des panneaux

Si plusieurs panneaux sont nécessaires, les installer en parallèle (et non en série) afin de garder la tension nominale à 12V (qui est notre tension finale) et d'éviter l'« effet masque » (càd que s'il y a de l'ombre sur un seul des panneaux, c'est la production d'énergie de l'ensemble des panneaux qui est impactée).

Positionnement des panneaux

Sur une toiture plate, les modules solaires sont généralement placés dans un cadre métallique incliné. En effet, de l'inclinaison des panneaux solaires va dépendre leur rendement de production électrique à l'année et donc leur rentabilité financière.

L'inclinaison optimale des panneaux solaires se calcule avec la formule :

$$(latitude\ du\ lieu) - \arcsinus(0,397 * \sinus(N * 360/365))$$

Avec N, le nombre de jours entre l'équinoxe de printemps (21 mars de chaque année) et le jour considéré, de signe négatif vers la saison froide.

D'autre part, la performance des panneaux photovoltaïques varie également en fonction de la température des cellules, une température élevée réduisant la puissance.² Le rendement est donc amélioré lorsque la face arrière des panneaux est bien ventilée.

4ème étape : Régulateur

Pour charger les batteries, on utilise un régulateur de charge, qui se place entre la source (panneaux solaires, éolienne, ...) et les batteries. Le régulateur de charge a comme fonctions principales de :

¹ DG du Joint Research Center de la Commission Européenne, <http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/apps4/pvest.php>

² www.cstc.be : Centre Scientifique et Technique de la Construction, *Installation de panneaux solaires en toiture.*

- Isoler la source du stockage, pour éviter que les batteries n'alimentent les panneaux photovoltaïques (et se vident la nuit ou par mauvais temps).
- Assurer les cycles de recharge. De fait, afin de disposer de toute la capacité du parc de batteries, il est nécessaire de s'assurer qu'un cycle de charge en trois phases soit bien respecté.
- Protéger les batteries des surtensions. Il faut en effet que la tension de l'électricité injectée dans les batteries corresponde bien à la tension nominale de celle-ci ($U_{charge} = U_{batterie}$).
- Stopper la décharge des batteries en-deçà de leur limite en cas d'utilisation trop importante d'électricité (pour ne pas les décharger complètement, ce qui accélérerait leur vieillissement).

Note : En cas de fort ensoleillement, les panneaux photovoltaïques peuvent fournir un courant de tension trop forte pour les batteries (un panneau solaire 12V peut fournir jusqu'à 20V). Dans ce cas, un régulateur basique coupe simplement le circuit pour protéger les batteries. Si l'ensoleillement est souvent important, il est indiqué d'utiliser un régulateur plus sophistiqué convertissant un courant de tension trop forte en un courant de tension plus basse et d'intensité plus élevée.

Relier le régulateur à la source d'énergie (panneaux photovoltaïques).

5ème étape : Stockage de l'énergie : batteries

Type de batteries

Dans le cadre du stockage d'énergie, on cherche des batteries pouvant conserver leur charge le plus longtemps possible et ayant un rapport de charge utile élevé (« décharge profonde »).

Nous avons opté pour une batterie stationnaire « ouverte » à plaque plane de type Exide Enersol Classic (prix abordable et disponible dans la région).

Nombre de batteries requises

Le calcul à réaliser pour déterminer la capacité des batteries d'une installation est :

$$C_{bat} = E_j * N_j / (0,7 * D)$$

C_{bat} est la capacité que doit avoir le parc à batteries en kWh

E_j est la quantité d'énergie électrique nécessaire pour couvrir les besoins journaliers en kWh

N_j est le nombre de jours d'autonomie souhaités

0,7 est le rendement moyen d'une batterie (énergie restituée/énergie emmagasinée)

D est la profondeur de décharge maximale acceptée

Sachant que l'hiver est la période durant laquelle le nombre potentiel de jours consécutifs sans soleil est le plus important les données sont les suivantes :

- besoins quotidiens : 0,49kWh (0,77 kWh moins les 36% du réfrigérateur)
- nombre de jours d'autonomie souhaités : 3 jours

Si on accepte une profondeur de décharge maximale de 80% la capacité de batterie nécessaire vaut :
 $0,49 * 3 / (0,7 * 0,8) = 2,62 \text{ kWh}$ soit 218 Ah

Données batterie:					
Tension	12	volts		12	Volts

Rapport charge utile	80	%		80	%
Capacité totale	250	Ah		100	Ah
Autonomie souhaitée	3	jours		3	Jours
Nombre de batteries requises	1	batteries		3	Batteries

Installation des batteries

Le local de stockage des batteries sera, si possible, à température constante, entre 18° et 25° C, ventilé et non habité (car dégagement de gaz corrosifs et inflammables), afin de permettre un bon rendement et garantir la longévité des batteries.

Ce local sera situé le long du mur Nord (sous la fenêtre des WC).

Relier l'endroit de stockage (batteries) au régulateur.

6ème étape : Panneau de distribution

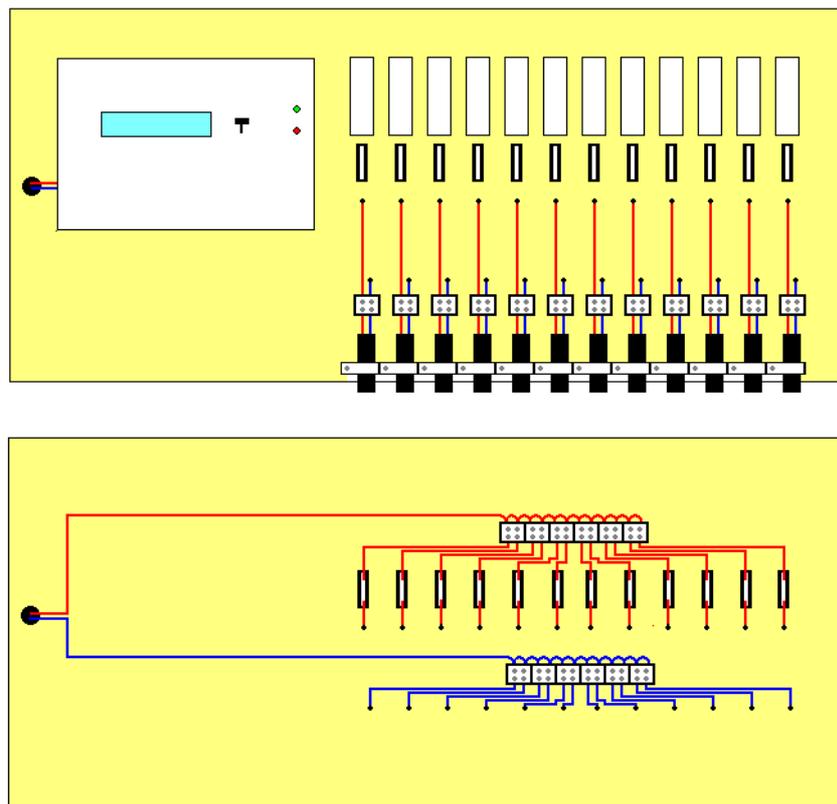


Fig. 2. Schéma du panneau de distribution.

La distribution peut être branchée sur la sortie accessoire du régulateur.

Si ce n'était pas le cas, brancher la distribution sur les batteries (prévoir alors un fusible de 50A).

Prévoir une longueur de 1,5m de câble en sortie pour chaque circuit.

Etiqueter les extrémités au fur et à mesure !

1) Fusibles

Il faut faire en sorte qu'à aucun moment un courant d'une intensité supérieure à 20A ne passe sur les câbles sortant de la batterie (ce qui risquerait de les faire fondre). Entre le régulateur et les circuits, il faut donc placer un fusible principal. C'est un fusible de 20A, car l'intensité maximale de l'installation (si tout est branché et allumé) est de 20A.

De plus, on utilise autant de fusibles que de circuits électriques (soit 12 dans notre cas).

2) Ampères-mètre

Pour contrôler la consommation électrique de la maison en temps réel et contrôler l'état de charge de la batterie, il faut mettre en place un compteur d'ampère/heure (ou « moniteur de batterie »). Si le régulateur peut être branché à la sortie accessoire du régulateur, c'est ce dernier qui assure également la fonction d'ampères-mètre.

Durée estimée pour le chapitre V.1. ... (2 personnes - maison de 50 m²)

?? heures

V.2. Eau dans la maison et sur le terrain

Principes de base

- L'eau est remontée de la source vers la maison à l'aide d'une **pompe bélier**, qui utilise uniquement la force de l'eau (et pas d'autre source d'énergie).
- Il y a **3 arrivées d'eau froide potable** : dans la salle de bain (douche et lavabo) et dans la cuisine (évier). Dans un premier temps, nous n'avons pas d'arrivée d'eau chaude. Nous nous lavons aux heures ensoleillées. En hiver, nous chauffons éventuellement une casserole d'eau sur la cuisinière.
- Il y a **1 tuyau d'évacuation** relié à la salle de bain et à la cuisine. L'eau est évacuée vers un bassin de lagunage située sur une terrasse inférieure.

- Dans la maison, nous avons seulement des **eaux « grises »** et nous n'utilisons que des produits hygiéniques biodégradables (savons, produits d'entretien).
- Nous évitons de générer des **eaux « noires »** (ou eaux « vannes », càd contenant des déjections) en utilisant des toilettes sèches (toilettes à compost ou toilettes à litière bio-maitrisée - TLB). Outre le respect du cycle naturel de la biomasse, les TLB ont un double avantage pour l'eau :
 - o réduire la pollution de l'eau : les eaux « noires » sont la principale source de pollution de l'eau ;
 - o réduire le volume d'eau nécessaire dans la maison : la chasse d'eau des WC représente en moyenne 35% de la consommation d'eau totale d'une maison¹ !

- Pour **arroser** le haut du terrain, nous utilisons l'eau de l'« acequia » : il s'agit d'eau acheminée depuis la Sierra Nevada par un système de canalisations installé à partir de l'époque des Maures (VIIème – XVème s.). Pour arroser le bas du terrain, c'est l'eau de la source que nous utilisons, parce qu'elle est plus proche.

Outillage

-

Matériaux

-

Tâches

1ère étape : Aménagement du bassin d'eau près de la source

Dégager l'arrivée de la source, qui ressemble pour l'instant à une forêt de ronces.

A l'arrivée, construire une petite retenue d'eau ou « bac de décantation ». Ainsi, l'eau n'arrive pas directement dans le bassin, mais elle passe par ce bac qui permet d'éviter que les grosses crasses (feuilles, pierres, terre en suspension dans l'eau) ne soient emmenées vers le bassin.

Dans le bac de décantation, placer un tuyau, faisant office de siphon, par lequel passe l'eau pour aller du bac de décantation vers le bassin.

Dans le fond du bassin d'eau, mettre du sable pour qu'il y ait moins de dépôts et de vase qu'avec un fond en terre.

¹ Institut Bruxellois pour la Gestion de l'Environnement, *Recycler les eaux usées in situ* (info fiches-éco-construction, EAU04), Bruxelles, 2008, p. 1.

2ème étape : Tests de potabilité

Pour analyser l'eau de la source et vérifier si elle est potable, nous allons :

- Acheter des bouteilles stériles en pharmacie
- Faire un prélèvement de 2L
- Endéans les 24h, avoir déposé les bouteilles au laboratoire

Les paramètres de base qui seront testés sont les suivants¹ :

Paramètres microbiologiques	Limite de qualité	Commentaires
Microorganismes revivifiables à 22°C	-	
Microorganismes revivifiables à 36°C	-	
Bactéries sulfitoréductrices et spores	0 N / 100 ml	
Coliformes totaux	0 N / 100 ml	Bactéries d'origine fécale
Escherichia Coli	0 N / 100 ml	Bactéries signe d'une contamination fécale récente
Enterocoques intestinaux	0 N / 100 ml	Bactéries signe d'une contamination fécale récente
Paramètres physicochimiques	Limite de qualité	Commentaires
Odeur	Pas d'odeur détectée	
Conductivité électrique	Entre 200 et 1100	Ce paramètre caractérise la présence d'ions minéraux dans l'eau et traduit la corrosivité de l'eau
pH	Entre 6,5 et 9	Ce paramètre traduit l'agressivité de l'eau
Titre Alcalimétrique Complet (TAC)		Ce paramètre correspond à la teneur en carbonates et hydrogénocarbonates de l'eau et traduit la dureté de l'eau
Titre hydrométrique (TH)	< 25	Ce paramètre correspond à la teneur en calcium et en magnésium de l'eau et traduit la dureté de l'eau. 0 à 7 = eau très douce 7 à 15 = eau douce 15 à 25 = eau un peu dure 25 à 42 = eau dure > 42 = eau très dure
Turbidité	< 2 NFU	Ce paramètre traduit la limpidité de l'eau
Ammonium (NH4)	< 0,1 mg / l	Pour les eaux souterraines, la limite peut être fixée à 0,5 mg / l si l'origine est naturelle
Nitrates	< 50 mg / l	Un taux élevé de sulfates traduit une pollution agricole ou urbaine
Nitrites	< 0,1 mg / l	Les nitrites sont le résultat de l'action des bactéries sur les nitrates et sont considérées comme un poison
Sulfates	< 250 mg / l	Un taux élevé de sulfates traduit une pollution agricole
Manganèse	< 0,05 mg / l	oligo-élément bénéfique à l'organisme humain mais pouvant être toxique lorsque présent à des taux trop élevés
Fer	< 0,2 mg / l	oligo-élément bénéfique à l'organisme humain mais pouvant être toxique lorsque présent à des taux trop élevés

Si l'eau n'est pas entièrement potable, le laboratoire s'engage à nous indiquer le traitement adéquat (par exemple, décantier, filtrer, désinfecter).

¹ valeurs extraites de l'arrêté du Ministère de la Santé et des Solidarités du 11 janvier 2007 relatif aux limites et références de qualité des eaux brutes et des eaux destinées à la consommation humaine.

3ème étape : Calculer les besoins en eau dans la maison

Usage/jour/personne	Litres	m ³	Part de la consommation
Boire	3	0,003	5%
Se laver	25	0,025	40%
Cuisiner les repas	5	0,005	8%
Faire la vaisselle	10	0,01	16%
Entretenir la maison	5	0,005	8%
Laver le linge	15	0,015	24%
total/jour/personne	63	0,063	100%
nombre de pers/ménage:	2		
	Litres	m³	jour/m³
total/jour/ménage	126	0,126	7,9
total/an/ménage	45990	45,99	

Note : L'eau pour entretenir la maison ne doit pas spécifiquement être potable, mais, par facilité et puisque ce poste ne représente qu'une faible part de notre consommation, nous limitons la gestion de l'eau dans la maison à un seul circuit de distribution.

4ème étape : Remonter l'eau potable de la source vers la maison

A l'aide d'un bélier hydraulique, nous allons remonter de l'eau de la source vers la maison. L'eau est alors stockée dans un réservoir, au-dessus de la maison de manière à permettre un écoulement par gravité sous une certaine pression.

Un bélier hydraulique est une pompe qui fonctionne sans énergie autre que celle apportée par la chute d'eau. La pompe utilise sur la pression créée lorsque le débit d'un liquide est soudainement interrompu.

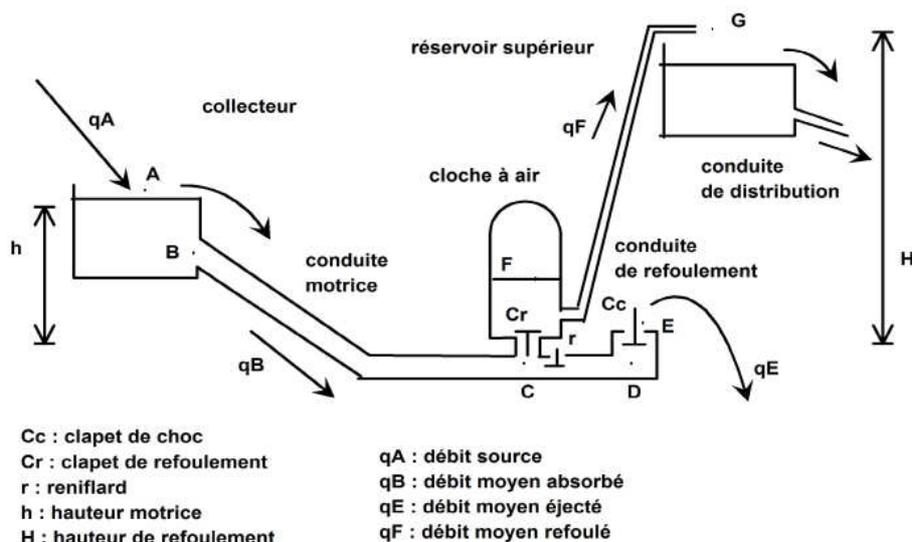


Fig. 3. Schéma d'un bélier hydraulique. Source : http://regis.petit2.perso.sfr.fr/bel_pri.htm

L'installation type comprend les éléments suivants :

Une source d'eau

Un collecteur qui recueille l'eau de la source ou du ruisseau

Dimensions : **suffisamment grand** pour que la conduite motrice soit toujours suffisamment immergée.
hauteur de la chute ou hauteur motrice = (Hauteur de refoulement souhaitée / 6).

La conduite motrice ou de batterie, amenant l'eau au béliet

Longueur = 3 à 5 fois la hauteur de la chute d'eau

Diamètre :

Matériau : acier ou fonte (pas de plastiques qui sont élastiques). Doit être parfaitement étanche.

Le béliet proprement dit

À détailler

La conduite d'alimentation ou de refoulement amenant l'eau du béliet au lieu d'utilisation

Longueur :

Diamètre :

Matériau :

De préférence, en Polyéthylène réticulé (PER)

Le réservoir qui recueille l'eau pompée par le béliet sur le lieu d'utilisation.

Calcul de la quantité d'eau remontée en L/min =

$$\frac{\text{Débit moyen d'eau absorbée en L/min} * \text{hauteur motrice en m} * \text{rendement global}/100}{(\text{Hauteur de refoulement en m} - \text{hauteur motrice en m}) * (1 - \text{rendement global}/100)}$$

Description du fonctionnement du béliet par R. Petit¹

Le cycle commence à l'instant 0 du début de fermeture du clapet de choc. A cet instant précis, il est raisonnable de supposer que la vitesse de l'eau (v_0) dans la conduite motrice ne dépend plus de la pression motrice (p_C) mais seulement des caractéristiques et du tarage du clapet de choc.

Les phases de fonctionnement sont alors les suivantes :

Ss

- **Phase n°1** : éjection de l'eau pendant la fermeture progressive du clapet de choc et jusqu'à sa fermeture complète.
- **Phase N°2** : premier "coup de béliet" avec ouverture du clapet de refoulement. Dès que le clapet de choc est fermé, l'eau se comprime et la pression motrice (p_C) augmente de façon à ce que s'ouvre le clapet de refoulement.
- **Phase N°3** : refoulement de l'eau dans la cloche à air, avec fermeture du clapet de refoulement. L'eau envahit alors la cloche, en comprimant l'air qu'elle contient. L'énergie cinétique de l'eau s'épuise alors progressivement jusqu'à ce que sa vitesse soit insuffisante pour maintenir ouvert le clapet de refoulement, lequel se referme.
- **Phase N°4** : retard à l'ouverture du clapet de choc. La disparition brusque de la pression de refoulement (p_F) produit alors une dépression dans la conduite motrice qui fait reculer l'eau vers le collecteur pendant le court instant où le clapet de choc est encore fermé. Tant que cette dépression existe, le reniflard laisse entrer une certaine quantité d'air qui partira dans la cloche pendant la phase N°3 de refoulement du cycle suivant.
- **Phase N°5** : ouverture du clapet de choc et de mise en vitesse de l'eau dans la conduite motrice, sans éjection de l'eau. Par le recul de l'eau dans la conduite motrice, le clapet de choc commence alors à

¹ http://regis.petit2.perso.sfr.fr/bel_pri.htm

s'ouvrir. En peu de temps, la vitesse de l'eau dans la conduite motrice se réduit, s'annule puis s'inverse sans qu'il y ait encore éjection de l'eau par le clapet de choc.

- **Phase N°6** : éjection de l'eau avec le clapet de choc complètement ouvert et le clapet de refoulement fermé. L'eau commence à être éjectée et s'accélère jusqu'à ce que la différence de pression de chaque côté du clapet de choc soit suffisante pour commencer à fermer ce clapet. On est alors revenu au début du cycle.

Par ailleurs, en parallèle de ces six phases, la vitesse de l'eau dans la conduite de refoulement varie selon des lois différentes sur deux phases successives, à savoir :

- **Phase N°7** : refoulement de l'eau de la cloche dans la conduite de refoulement, le clapet de refoulement étant ouvert. Cette phase s'effectue en parallèle de la phase 3. L'air de la cloche se comprime par paliers successifs (correspondant aux ondes de choc dans la conduite motrice) et continue de chasser l'eau de la cloche dans la conduite de refoulement.
- **Phase N°8** : refoulement de l'eau de la cloche dans la conduite de refoulement, chassé par l'air comprimé de la cloche qui se détend progressivement, le clapet de refoulement étant fermé. Cette phase s'effectue en parallèle de l'ensemble des phases 4, 5, 6, 1 et 2.

5ème étape : Arrivée et distribution d'eau potable de la maison

Les tuyaux d'arrivée ont été installés lors de la construction de la chape, des soubassements et des murs.

Choix du matériau de la tuyauterie¹

- Les canalisations en **polyéthylène** sont intéressantes sur les plans sanitaire et écologique car elles sont issues du recyclage. Cependant, elles résistent mal à la chaleur et aux fortes pressions à l'exception du polyéthylène réticulé reconnaissable à sa couleur bleu clair ou rose. Il est cependant sensible au soleil et doit en être protégé.
- Les canalisations en **grès**, en **terre cuite** ou encore en **acier inoxydable** sont les plus sûres mais aussi les plus chères et les moins faciles à trouver
- Pas de plomb car ce matériau est nocif.
- Le PVC est économique et facile à mettre en œuvre. Cependant son bilan écologique est mauvais car sa fabrication est très énergétivore. Enfin, le PVC est friable au gel et son étanchéité se dégrade après une quarantaine d'année dans le sol et une quinzaine au soleil.

http://micasa.ca/maisonpassion/reno/pm_ete2003_p78i_030706-can.html

Les coups de bélier et les vibrations

Les coups de bélier sont des claquements de la tuyauterie qui se produisent lorsqu'on ferme un robinet. Pour prévenir ce phénomène, une chambre d'air doit être installée au sommet du tuyau d'alimentation vertical de chaque appareil sanitaire. Cette chambre d'air doit s'élever d'au moins 12 po au-dessus des robinets.

De même, la tuyauterie doit être attachée à la charpente pour éviter les vibrations et les bruits qu'elle provoque. La tuyauterie de cuivre est fixée à tous les 6 pi avec des brides en cuivre, tandis que les tuyaux de plastique sont maintenus à tous les 4 à 6 pi avec des brides en plastique moulé. Pour réduire encore davantage les vibrations, on peut insérer une retaille d'isolant pour tuyau autour de la tuyauterie à tous les points de fixation

¹ LEROUX (P.) et alii, *Guide de l'écoconstruction*, Metz : Agence Régionale de l'Environnement en Lorraine, ADEME et Agence de l'eau Rhin-Meuse, 2006, p. 43.

6ème étape : Evacuation et traitement des eaux grises

Il y a des tuyaux d'évacuation d'eaux grises de la salle de bain et de la cuisine. **Combien de mètres ?**

Bien que l'infiltration des eaux grises seules dans le sol, sans aucun traitement, ait un impact environnemental pratiquement nul grâce à leur faible teneur en azote¹, nous préférons les traiter avant leur évacuation ou réutilisation.

Le traitement se fait en trois étapes :

1) Séparateur de graisses²

Si la fosse septique est à plus de 10 ou 15 m de la maison, il est recommandé d'installer un séparateur sur l'évacuation des eaux de la cuisine, aussi près que possible de la maison. Les particules d'huiles et de graisses, plus légères, sont séparées de celles de l'eau en remontant à la surface. Il nécessite un entretien régulier.

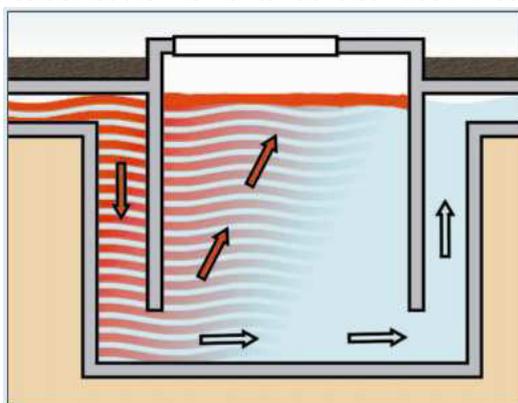


Fig. 4. Séparateur de graisse. Source : VMM «waterwegwijzer voor architecten – een handleiding voor duurzaam watergebruik in en om de particuliere woning ».

Cependant, s'il est possible de mettre la fosse septique à moins de 10 m de la maison, il est préférable de ne pas placer de bac dégraisseur en amont de la fosse à eaux grises.³ En effet, d'une part, les graisses forment dans la fosse un « chapeau » bactérien très utile pour l'épuration des eaux. D'autre part, le bac refroidit les eaux à traiter, ce qui diminue la vitesse de décomposition des savons et détergents.

2) Fosse septique⁴

Dans la fosse, il y a deux procédés permettant l'épuration, c'est-à-dire la réduction de la charge organique :

- une action physique de décantation et de flottation des matières en suspension ;
- une action biologique qui consiste en la digestion, par les micro-organismes, de la charge polluante biodégradable reçue. En effet, la température des eaux grises produites dans la maison (qui sont rarement froides, mais tièdes ou chaudes) assure que se développent des bactéries anaérobies qui dégradent les graisses, les détergents et les savons.

Le rendement d'une fosse septique dans le cadre du traitement des eaux grises peut être de 60 à 80% de réduction de la charge organique polluante après 18 jours.

¹ ORZÀGH (J.), *L'épuration sélective des eaux grises*, www.eautarcie.com.

² Institut Bruxellois pour la Gestion de l'Environnement, *Recycler les eaux usées in situ* (info fiches-éco-construction, EAU04), Bruxelles, 2008, p. 16.

³ ORZÀGH (J.), *L'épuration sélective des eaux grises*, www.eautarcie.com.

⁴ *Ibidem*.

La fosse peut être en béton étanche ou en matière synthétique (PE). Elle est étanche (exclure toute réception d'eaux pluviales), équipée d'un puisard, d'un indicateur de niveau, d'un trou d'homme pour l'entretien, d'un trop-plein d'évacuation.

Il faut veiller à ce que le trop-plein de la fosse soit équipé d'une jupe ou d'un coude tourné vers le bas pour empêcher la sortie du « chapeau » (la croûte surnageant formée de bactéries dans laquelle les graisses issues des vaisselles sont dégradées).

Dans notre cas, une fosse de 3m³ est suffisante :

$$\begin{aligned} & 126 \text{ (Litres d'eau consommée quotidiennement par le ménage)} \\ & \times 18 \text{ (jours dans la fosse septique)} \\ & / 1000 \\ & = 2,27 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Le traitement des eaux grises uniquement produit peu de boues d'épuration dans le fond de la fosse (ce qui n'est pas le cas s'il y a également des eaux noires). Grâce à l'état stationnaire de la quantité des boues dans un réacteur à eaux grises, il n'y a pas d'entretien à prévoir.

3) Infiltration dans le sol

Il faut privilégier une infiltration des eaux usées dans le sol et éviter leur déversement dans les eaux de surface. Les eaux sortant de la fosse sont encore troubles, mais leur infiltration dans le sol ne présente plus de risque de colmatage du milieu récepteur. Les résidus de savons et de détergents sont alors retenus par le sol et progressivement dégradés en eau et en dioxyde de carbone.

Durée estimée pour le chapitre V.2. (2 personnes - maison de 50 m²)

?? heures