



GNG1103 – Engineering Design
GNG1503 – Génie de la conception

Ingénieurs sans frontières – Étude de cas: Collecte d'Eaux Pluviales

Presented by: Emmanuel Bouendeu

Image from: <http://www.marinebuzz.com>

Agenda

- Identification du Problème & Besoins Réels
- Développement de Concepts
- Concept Préliminaire
- Concept Détaillé
- Détermination des Coûts
- Autres Considérations

ISF Récolte des Eaux de Pluie

Basée sur une thèse par Dan Olsen à l'Université de Waterloo pour Ingénieurs sans frontières




<http://www.veethi.com/places/tamil-nadu-state-24.htm>



Étude de cas – Travail individuel

Exercice:

1. Quel est le problème?
 2. Qu'est-ce qui est requis pour le résoudre?
 3. Quelles informations essentielles sont disponibles?
- ***Vous avez 5 minutes!***



WATERLOO CASES IN DESIGN ENGINEERING

WCDE-00003-01
Revision 100911

**ENGINEERS WITHOUT BORDERS -
RAINWATER HARVESTING**

Dan Olsen¹ (EWB) and Colin Campbell (WCDE)

Introduction

Matukall is a rural village in the Nilgiris District of the Indian state of Tamil Nadu. Like many other parts of southern India, a majority of the rural population does not have access to an adequate supply of drinking water for domestic use. Groundwater resources (streams, lakes, wells, springs, etc.) are showing signs of depletion, as well as pollution in the case of a nearby river, so a reliable and affordable alternative is required.

One alternative source of potable water is Rainwater Harvesting (RWH). As indicated in Figure 1, rainwater flows off the roof into gutters, then through a down-pipe, and into a storage tank. This has no adverse effect on groundwater. Tamil Nadu has gone so far as to make RWH installation on houses mandatory [1]. Unfortunately, most rural households have difficulty affording a RWH system, and this imposes a significant constraint on the design.

The Rural Development Organization (RDO) in the Nilgiris District works to improve access to an adequate supply of water in rural areas. Engineers Without Borders (EWB) has worked with RDO on similar rainwater harvesting projects, to develop the design requirements for implementing RWH systems for all houses in a village.





Figure 1: Small-scale rainwater harvesting system.



engineers without borders
ingénieurs sans frontières

¹ Dan Olsen wrote the original version of this case study for Engineers Without Borders.

Dan Olsen (EWB) and Colin Campbell (WCDE) prepared this design case for classroom use. The authors do not intend to illustrate either effective or ineffective handling of an engineering situation. The authors may have disguised certain names and other identifying information to protect confidentiality. Waterloo Cases in Design Engineering prohibits any form of reproduction, storage or transmission of this document without its written permission. This material is not covered under authorization of CanCopy or any reproduction rights organization. To order copies or request permission to reproduce materials contact Waterloo Cases in Design Engineering c/o Department of Mechanical Engineering, University of Waterloo, Waterloo, Ontario, Canada, N2L 3G1; phone: (519) 884-4433 fax: (519) 885-5962, e-mail: design@design.uwaterloo.ca
Copyright © 2006-2009 Dan Olsen and Colin Campbell. Used by the University of Waterloo with permission.

WATERLOO CASES IN DESIGN ENGINEERING

Quel est le problème?



Qu'est-ce qui est requis pour le résoudre?



Quelles informations essentielles sont disponibles?



Étude de cas – Travail d'équipe

- Mettez-vous en équipe de 3-5 personnes
- Planifier comment vous allez résoudre le problème
 - Quelle démarche suivrez-vous?
 - Exposer les grandes lignes de votre approche sur un morceau de papier
- ***Vous avez 5 minutes!***

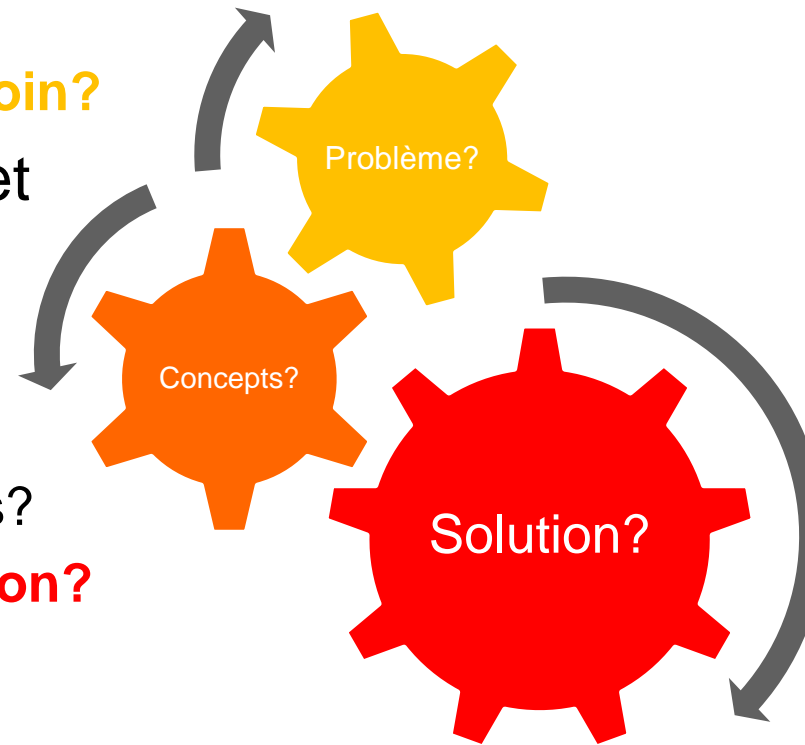


Étapes pour arriver à la solution?



Étapes suggérées

- En premier, il faut **comprendre** le problème
 - **Quel est le problème et le vrai besoin?**
- Identifiez les **concepts possibles** et **choisissez une solution**
 - **Est-ce que c'est faisable?**
- **Développer** et **raffiner** la solution
 - Quelles sont les caractéristiques clés?
 - **Que doit être la qualité de la solution?**
- **Compléter** la solution
 - Combien coûte la solution?
- Au cours 3 on va présenter “**Design Thinking**”, une approche commune à la conception en génie



En premier, il faut comprendre le problème

IDENTIFICATION DES BESOINS



Comprendre le problème

- Quel est le besoin **réel**?
 - Fournir une source d'eau potable adéquate à chaque maison
- Combien d'eau est requise par année à chaque maison?
- En groupe, calculez cette quantité (5 min)



Exigence d'eau

- Exigence: Quelle est la consommation annuelle?
 - Chaque maison utilise 240 koodahms par mois à 12 litres/koodahm = 2,880 litres/mois
 - 2,880 L/mois x 12 mois/année = 34,560 L/année
- Doit fournir:
2,880 L/mois, ou
34,560 L/année

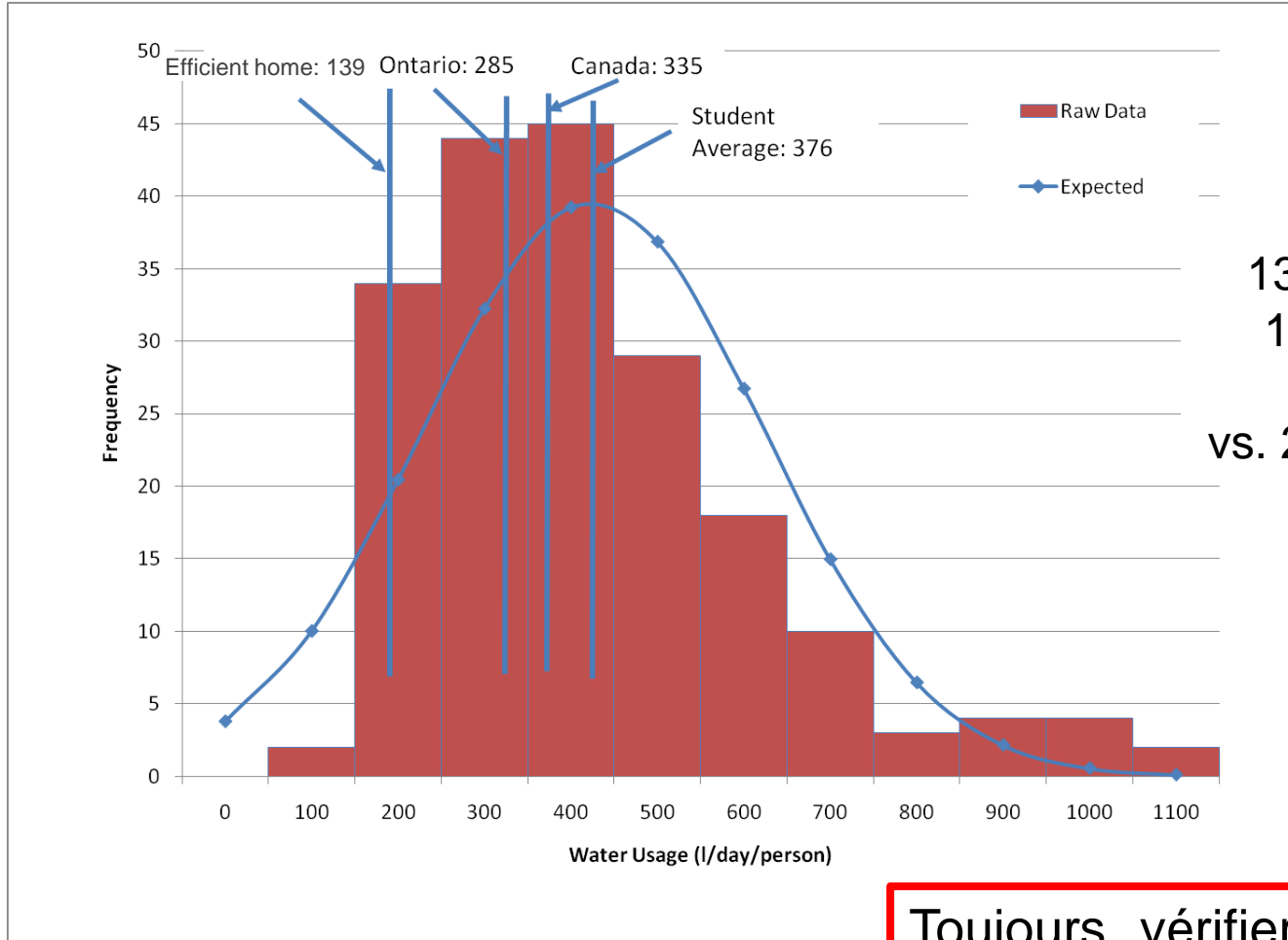


Est-ce que c'est “raisonnable”?

- Faites toujours une “**vérification de bon sens**” de vos résultats
- Comment pouvez-vous vérifier si vos résultats sont **raisonnables** dans ce cas?



Exigence d'eau au Canada



139 L/jour/personne est
 12,510 L/mois/maison
 (3 personnes)
 vs. 2880 L/mois pour le cas

Toujours vérifier vos résultats avec votre expérience et la littérature – “vérification de bon sens”

**Identifiez les concepts possibles et
choisissez une solution**

DÉVELOPPEMENT DE CONCEPTS



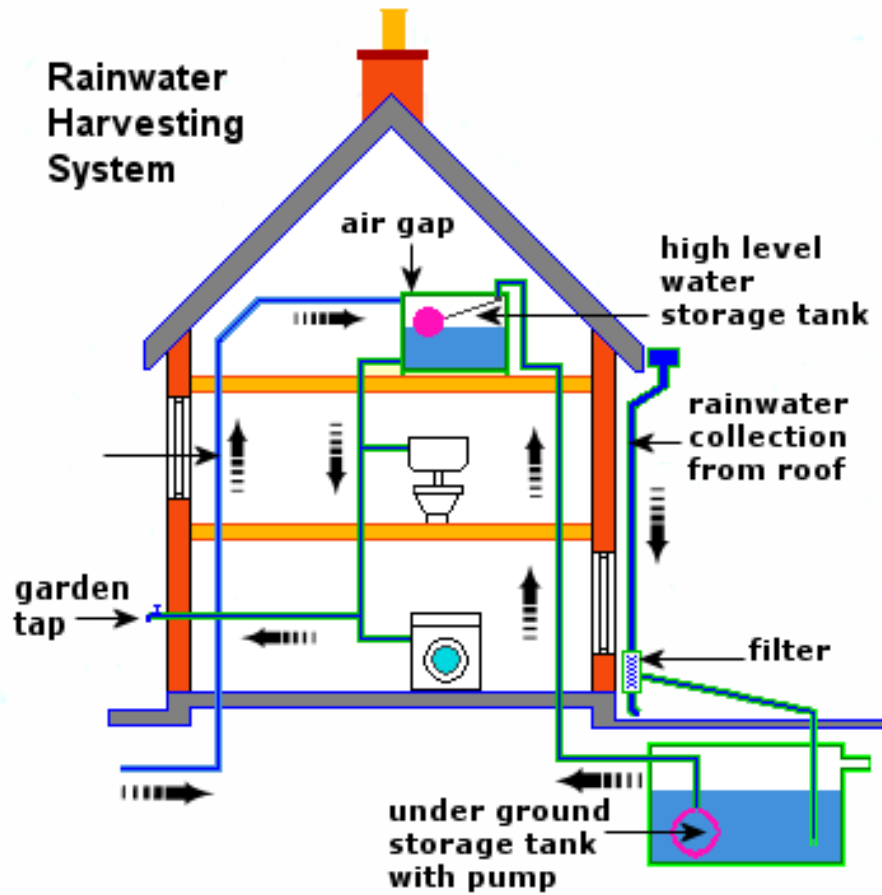
Critères de conception

- En premier, on détermine les **critères** qu'on peut utiliser pour évaluer la qualité d'une solution
- Dans ce cas:
 - Capacité à fournir de l'eau lorsque nécessaire
 - Coûts
 - Facilité à obtenir le matériel
 - Facilité à construire
 - Capacité à fournir de l'eau (potable) **propre**
- Ces critères peuvent aider à choisir la **meilleure** solution!

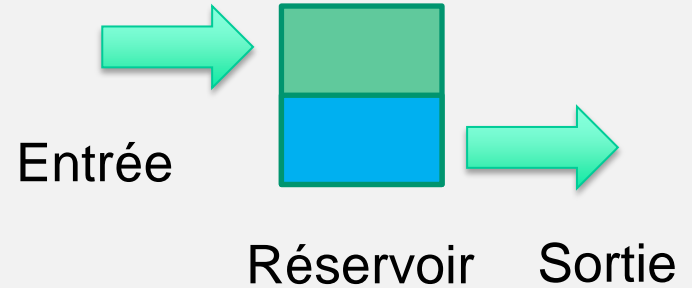


Solution – Récolte des eaux de pluie

Modèle schématique (configuration)



Modèle conceptuel



Collecter l'eau de pluie s'écoulant du toit dans les gouttières et l'acheminer à travers un tuyau de descente dans un réservoir de stockage.

<http://www.lowenergyhouse.com/rainwater-harvesting.html>

Est-ce que la solution est faisable?

- En groupe, déterminez si la **solution va fonctionner**, en vous basant sur le premier critère (5 min):

“Capacité à fournir de l’eau lorsque nécessaire”

- Capacité à fournir de l’eau lorsque nécessaire
- Coûts
- Facilité à obtenir le matériel
- Facilité à construire
- Capacité à fournir de l’eau (potable) **propre**



Vérifier la faisabilité – Récolte des eaux de pluie

- Est-ce que c'est **faisable**?
- Combien d'eau peut être récoltée durant **l'année la plus sèche**?



Précipitation par année

- Données pluviométriques historiques – mm

1985 – l'année la plus sèche enregistré →

835 mm de pluie

Year	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Total
1984	16	37	113	27	44	204	281	44	115	233	25	179	1318
1985	10	0	15	94	32	182	34	85	153	57	73	100	835
1986	36	58	15	9	99	177	86	172	204	75	73	60	1064
1987	12	0	16	33	99	97	80	123	161	229	113	108	1071
1988	0	0	96	143	98	93	293	188	212	79	29	16	1247
1989	0	0	11	43	82	98	486	68	205	193	49	5	1240
1990	47	0	4	57	217	66	89	129	73	227	85	40	1034
1991	8	0	5	111	85	153	300	142	123	243	72	3	1245
1992	5	0	0	57	157	387	230	119	127	113	281	2	1478
1993	0	2	19	27	92	163	110	78	149	212	200	99	1151
1994	8	18	9	102	66	169	291	70	148	266	137	4	1288
1995	13	0	1	56	124	117	147	128	119	196	127	0	1028
1996	22	8	25	158	72	477	180	89	318	175	27	161	1712
1997	18	0	53	47	83	144	253	173	95	270	156	40	1332
1998	0	0	0	16	32	200	289	151	103	149	92	142	1174
1999	0	2	17	78	64	43	173	72	101	293	95	15	953
2000	5	17	0	42	218	273	165	324	263	109	164	84	1664
2001	2	2	15	228	24	167	111	90	187	72	84	26	1008
2002	1	20	3	150	204	148	46	154	52	293	90	10	1171
2003	0	16	22	88	41	161	121	70	46	181	102	2	848
AVG:	10	9	22	78	97	176	188	123	148	183	104	55	1193

Eaux de pluie récoltées

- Précipitation annuelle minimum = 835 mm (*année la plus sèche basée sur nos données*)
- Surface de toiture typique = 6 m x 10 m = 60 m²
- Efficacité de récolte = 75%
- Eau disponible:
$$0.835 \text{ m} \times 60 \text{ m}^2 \times 0.75 = 37.575 \text{ m}^3 \times 1000 \text{ L/m}^3$$
$$= \mathbf{37,575 \text{ L}}$$
- Ceci est plus grand que la demande (34,560 L)
 - **Alors le concept est faisable (juste)**

Concept proposé
est **acceptable**

Développer et raffiner la solution

CONCEPTION PRÉLIMINAIRE



Configuration

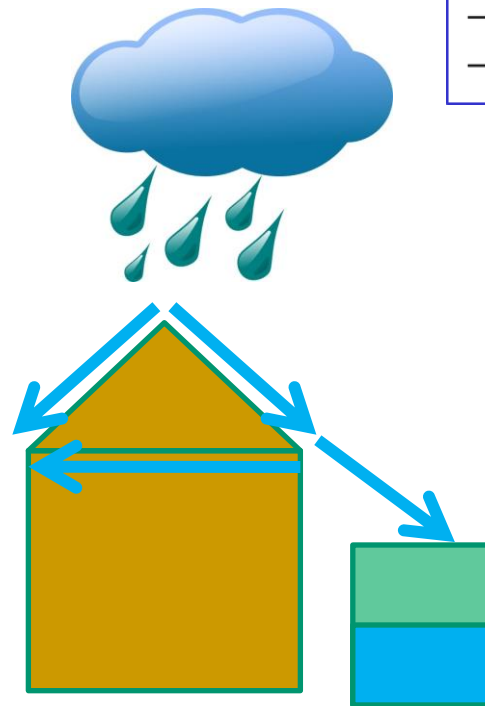
- Quelle est la **configuration générale** du système?
- Quels sont les **composants clés** du système?
 - Sur quoi avons-nous le contrôle?
 - Qu'est-ce qui influence la fiabilité du système?



Illustration by Chris Gash

Développer une solution détaillée

Le composant clé est le réservoir pour stocker l'eau



- Capacité à fournir de l'eau lorsque nécessaire
- Coûts
- Facilité à obtenir le matériel
- Facilité à construire
- Capacité à fournir de l'eau (potable) *propre*

Réservoir

Comment déterminer la bonne grandeur du réservoir?

- En groupe, déterminer une **méthode** pour choisir la grandeur du réservoir **raisonnable**, en fonction des données (5 min)

1985 – l'année la plus sèche enregistré →

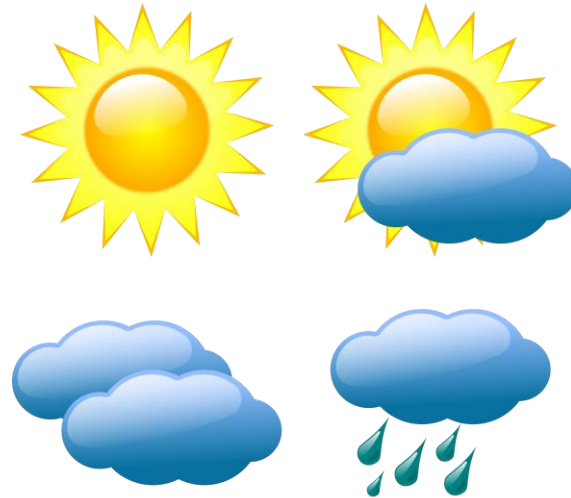
835 mm de pluie

Year	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Total
1984	16	37	113	27	44	204	281	44	115	233	25	179	1318
1985	10	0	15	94	32	182	34	85	153	57	73	100	835
1986	36	58	15	9	99	177	86	172	204	75	73	60	1064
1987	12	0	16	33	99	97	80	123	161	229	113	108	1071
1988	0	0	96	143	98	93	293	188	212	79	29	16	1247
1989	0	0	11	43	82	98	486	68	205	193	49	5	1240
1990	47	0	4	57	217	66	89	129	73	227	85	40	1034
1991	8	0	5	111	85	153	300	142	123	243	72	3	1245
1992	5	0	0	57	157	387	230	119	127	113	281	2	1478
1993	0	2	19	27	92	163	110	78	149	212	200	99	1151
1994	8	18	9	102	66	169	291	70	148	266	137	4	1288
1995	13	0	1	56	124	117	147	128	119	196	127	0	1028
1996	22	8	25	158	72	477	180	89	318	175	27	161	1712
1997	18	0	53	47	83	144	253	173	95	270	156	40	1332
1998	0	0	0	16	32	200	289	151	103	149	92	142	1174
1999	0	2	17	78	64	43	173	72	101	293	95	15	953
2000	5	17	0	42	218	273	165	324	263	109	164	84	1664
2001	2	2	15	228	24	167	111	90	187	72	84	26	1008
2002	1	20	3	150	204	148	46	154	52	293	90	10	1171
2003	0	16	22	88	41	161	121	70	46	181	102	2	848
AVG:	10	9	22	78	97	176	188	123	148	183	104	55	1193

Grandeur du réservoir?

Faites un estimation **raisonnable** de la grandeur du réservoir nécessaire en vous basant sur **l'information pluviométrique mensuelle** pour ***l'année la plus sèche***

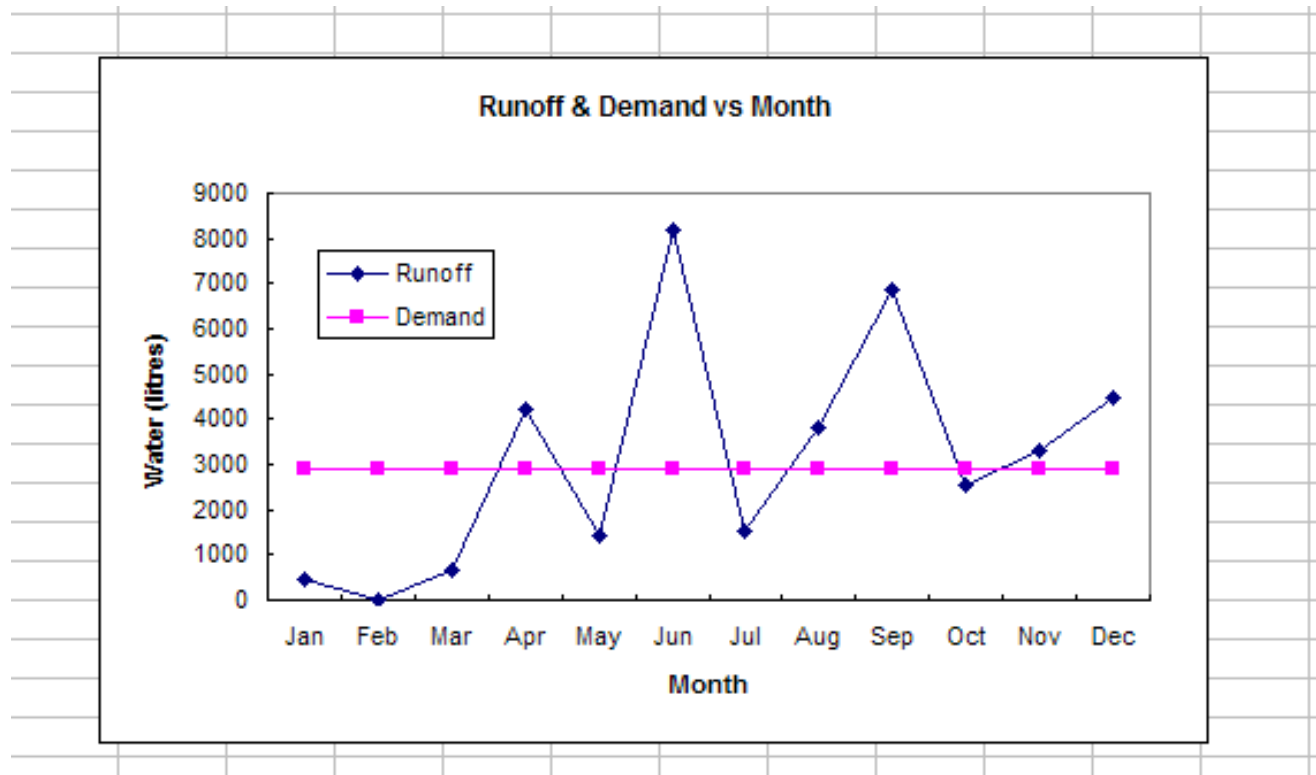
Monthly Precipitation (mm)		
1985	J	10
	F	0
	M	15
	A	94
	M	32
	J	182
	J	34
	A	85
	S	153
	O	57
	N	73
	D	100



Concept initial

Que devrait être la capacité du réservoir?

On fait un **graphique** qui démontre l'eau disponible par mois pour *l'année la plus sec*



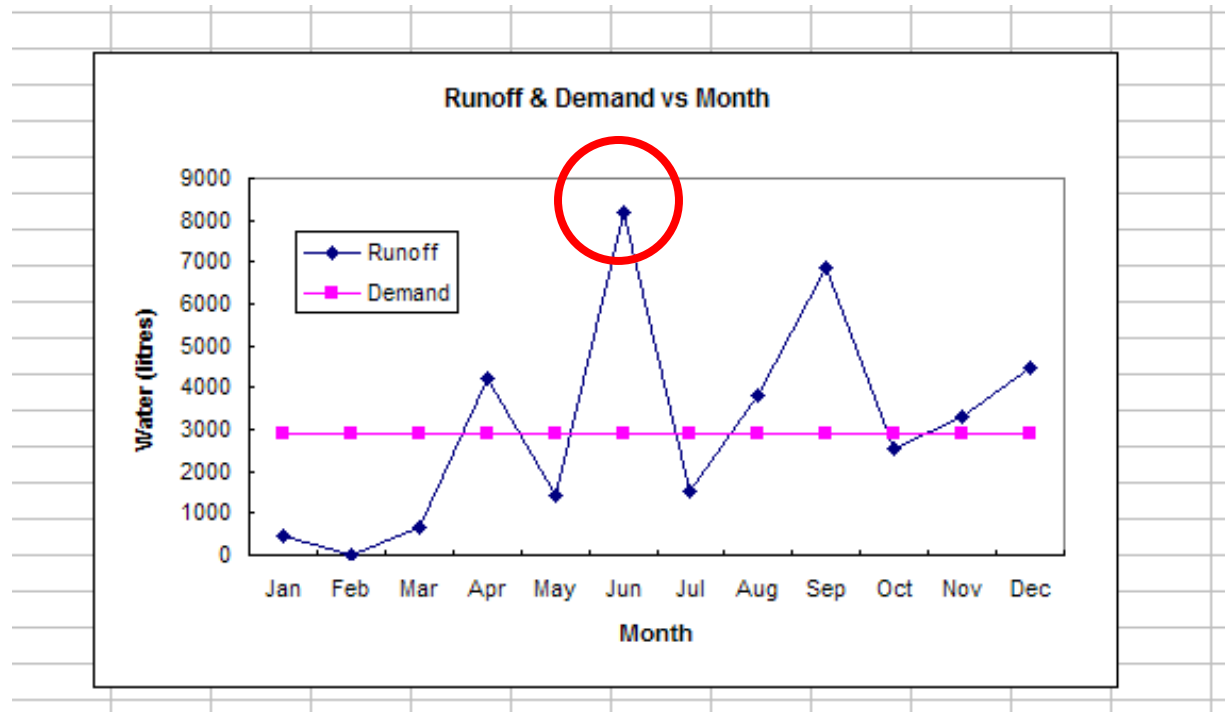
Concept préliminaire

Comment gros devrait être le réservoir?

- Exigence mensuelle = 2,880 L
- Exigence sur 3 mois ~ 9000 L

Première estimation

On développe une solution par raffinement successif



Comment est-ce que l'on améliore notre estimation?

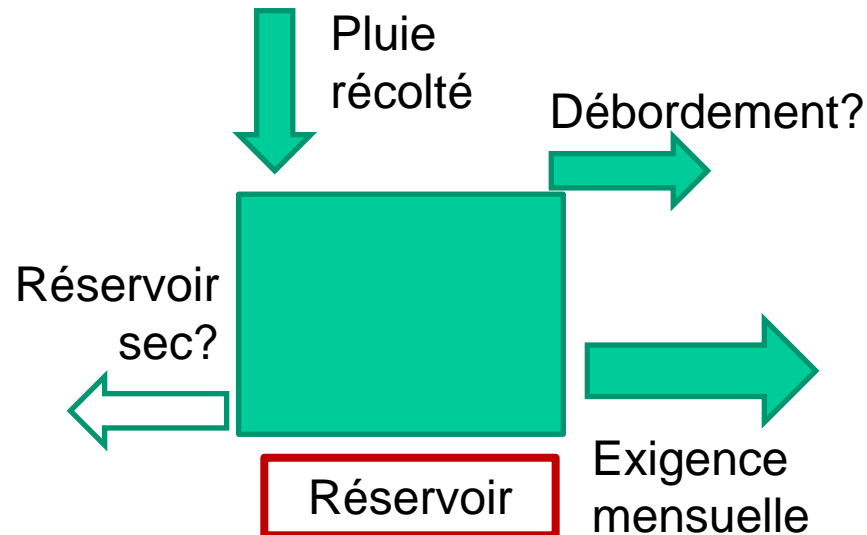
- **Raffiner la solution** en utilisant des simulations analytiques
 - Essayer différentes grandeurs de réservoir pour déterminer la **fiabilité** du système
- **Fiabilité** = % de mois avec assez d'eau



Algorithme de la simulation

Procédure de la simulation

- Valeur de départ
- Valeur = valeur antérieur – exigence mensuelle + pluie collectée
- Vérifier si sec (aucune valeur négative!)
- Vérifier le débordement
- Répéter la procédure pour 20 ans (240 mois)

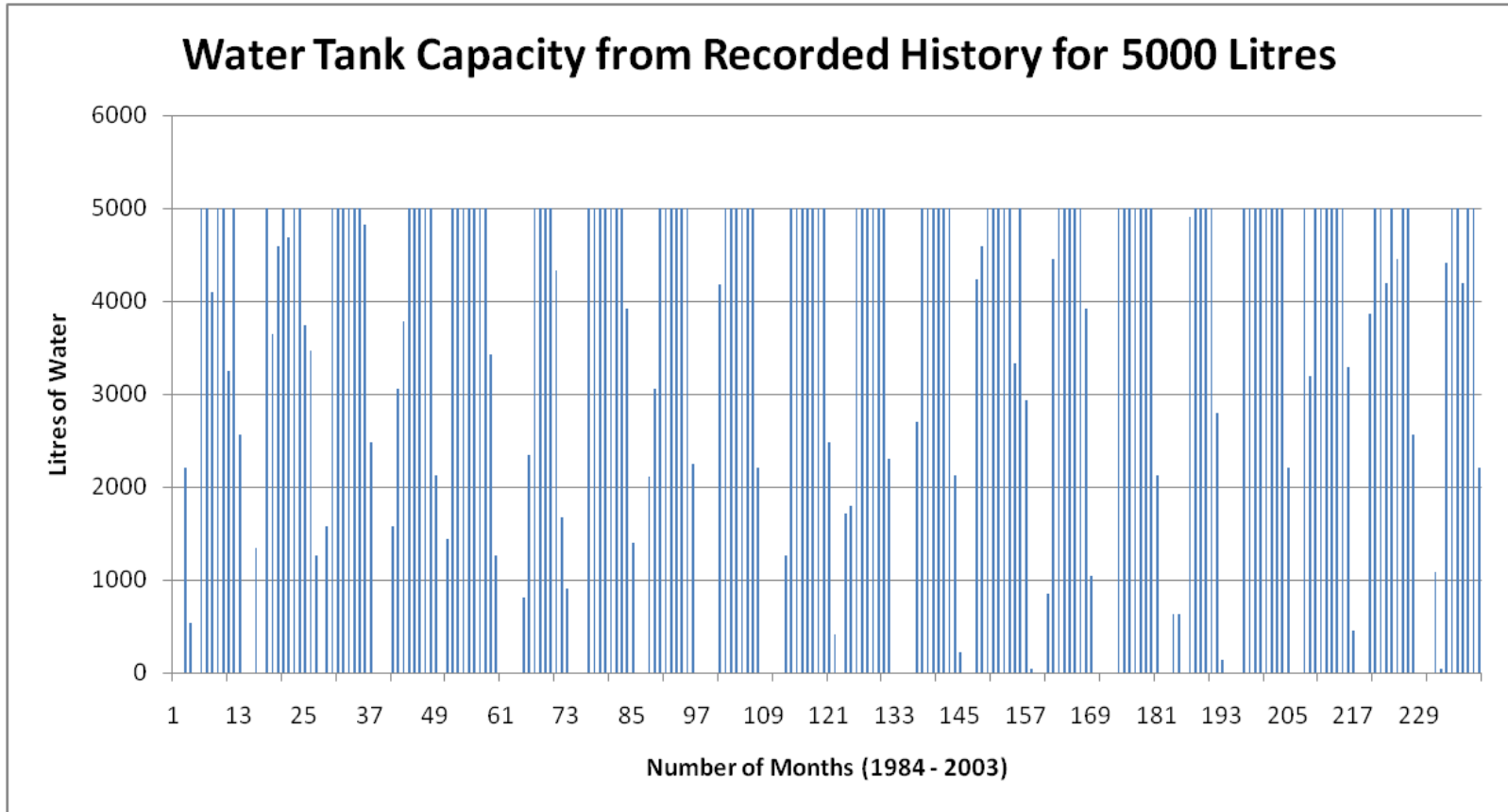


Simulation Excel

Design Parameters								
Tank Size	20000 l					Reliability:	0.9875	
Roof Size	60 m ²							
Efficiency	0.75							
Demand	2880 l							
Year	Month	Precipitation	Rainfall Collected	Monthly Demand	Raw Balance	Balance (empty)	Balance (full)	Empty Flag
1983	D						0	
1984	J	16	720	2880	-2160	0	0	0
	F	37	1665	2880	-1215	0	0	0
	M	113	5085	2880	2205	2205	2205	1
	A	27	1215	2880	540	540	540	1
	M	44	1980	2880	-360	0	0	0
	J	204	9180	2880	6300	6300	6300	1
	J	281	12645	2880	16065	16065	16065	1
	A	44	1980	2880	15165	15165	15165	1
	S	115	5175	2880	17460	17460	17460	1

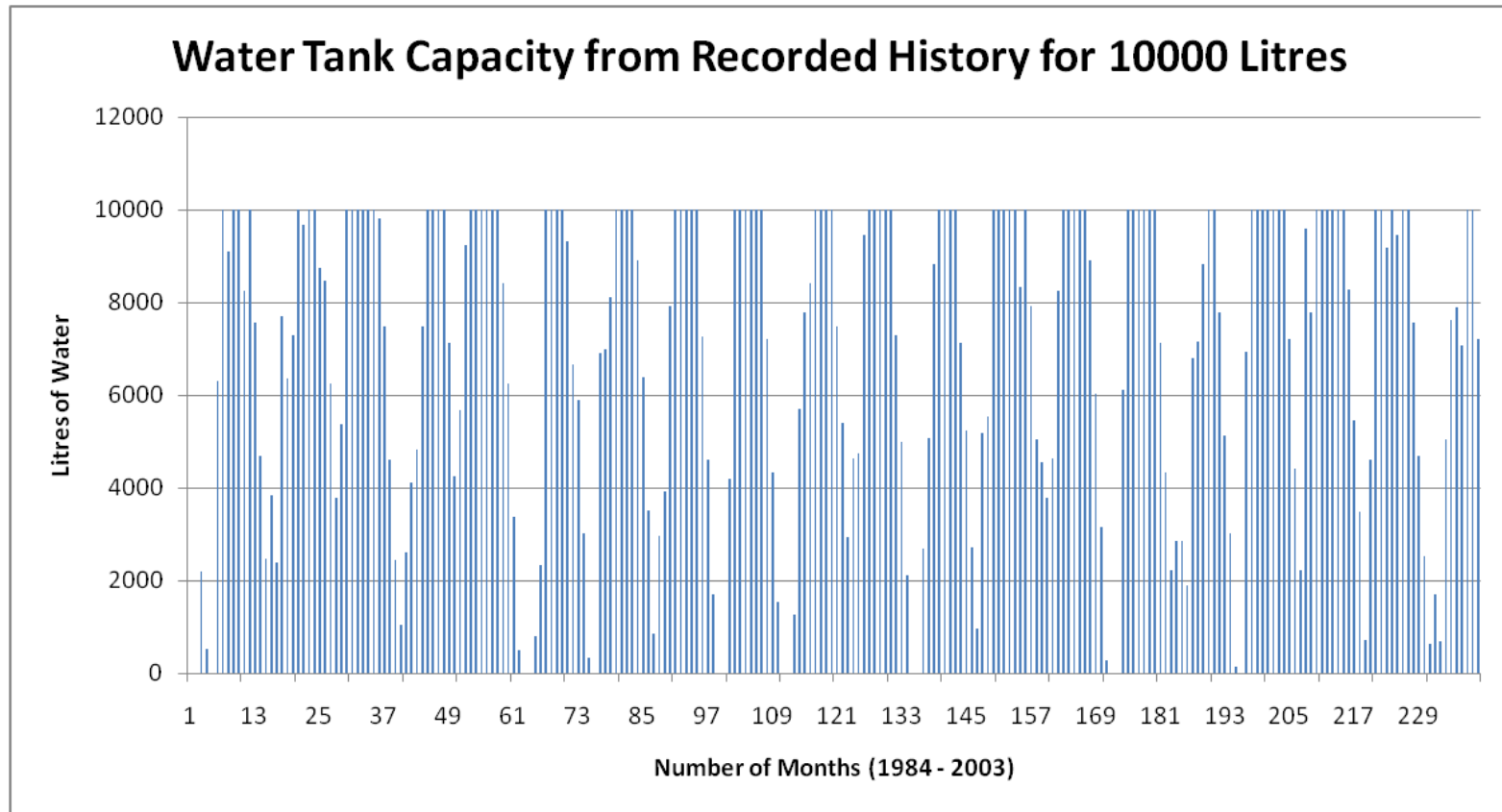
Calculez la **fiabilité** pour toutes les grosseurs de réservoir.
 C.-à-d., il y a **assez d'eau** pour quel pourcentage du temps?

Résultat de la simulation – 5,000 L



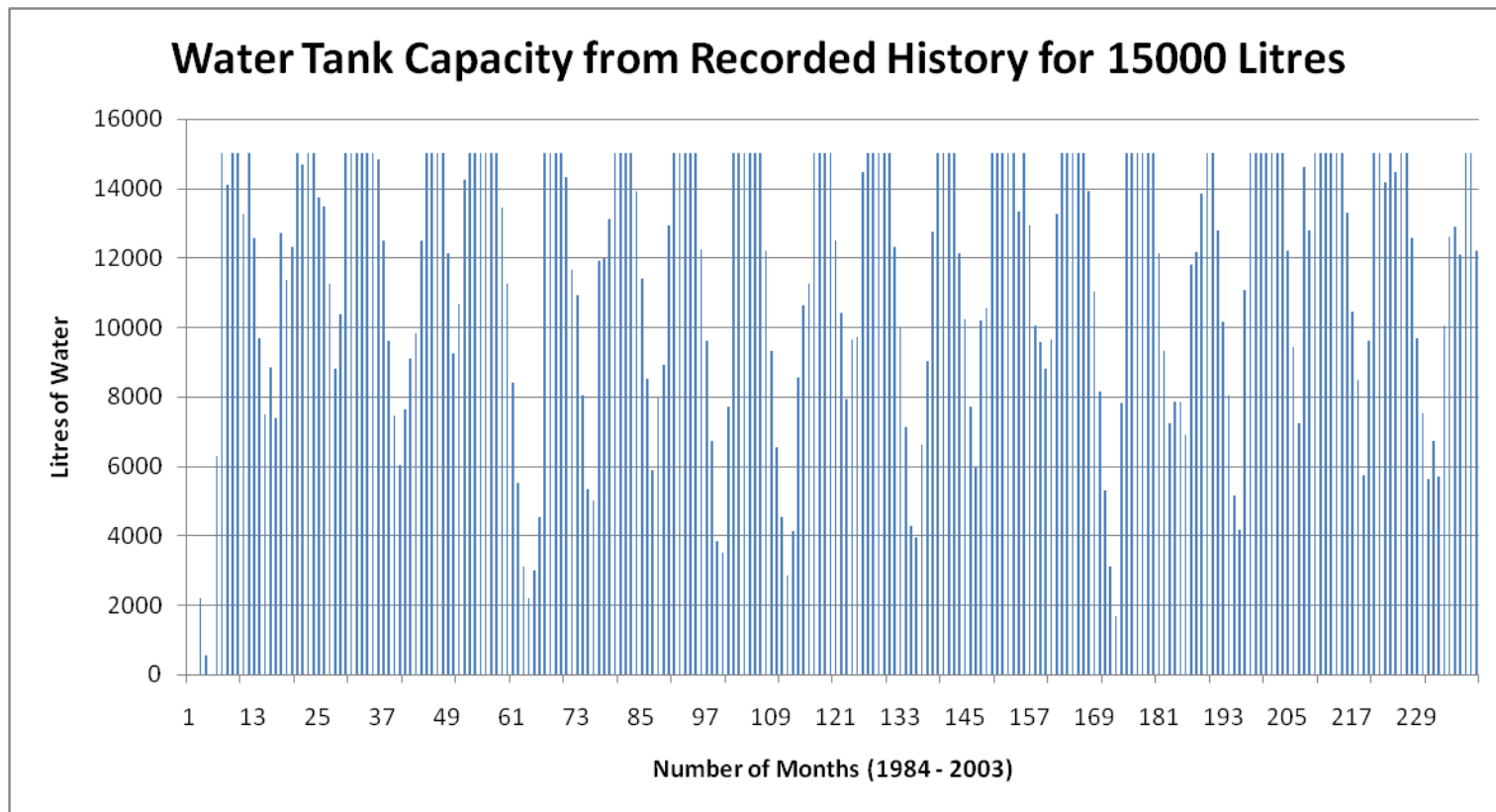
Utilisant la simulation Excel

Résultat de la simulation – 10,000 L



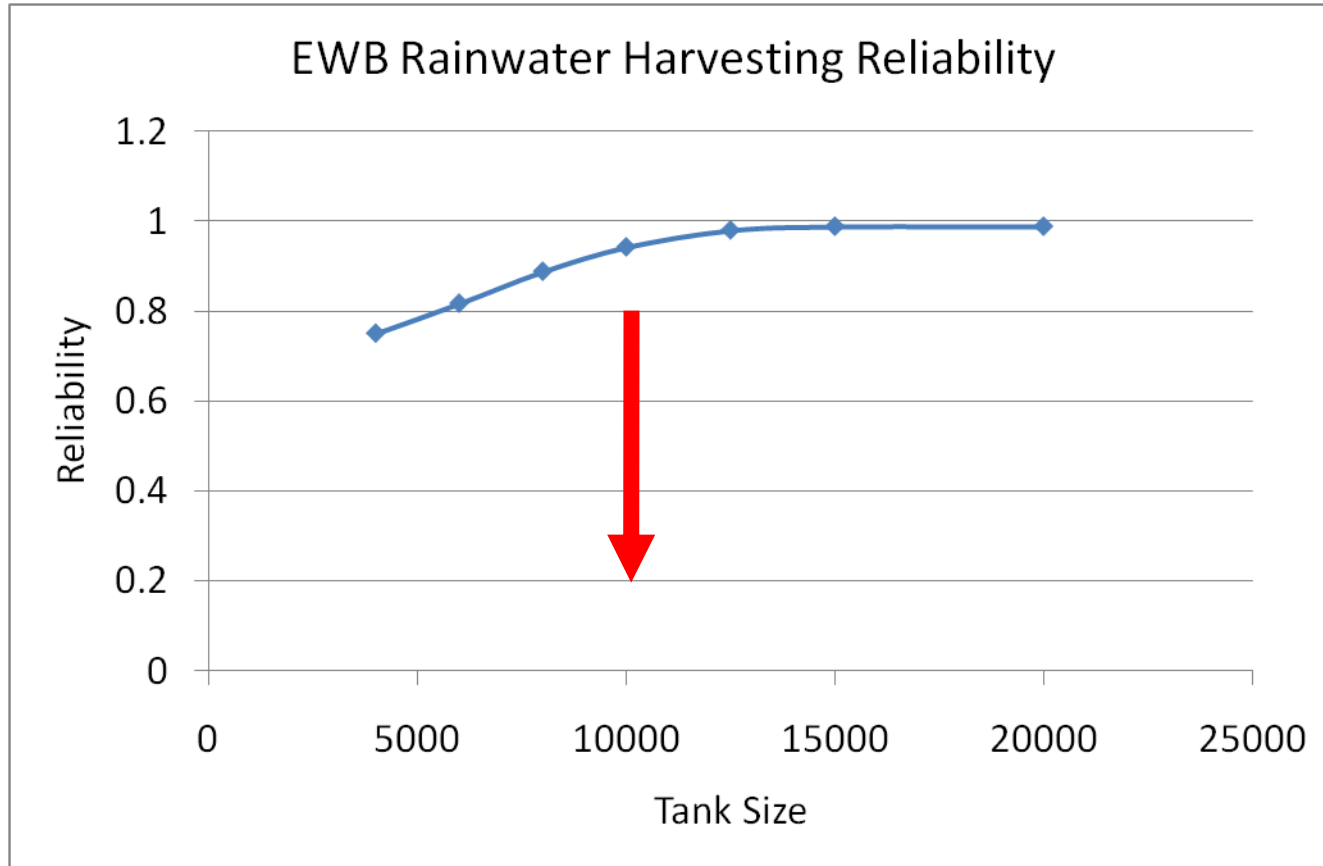
Utilisant la simulation Excel

Résultat de la simulation – 15,000 L



Utilisant la simulation Excel

Résultat de la simulation – Fiabilité



Choisissez un réservoir ayant une grosseur qui maximise la fiabilité, mais qui minimise les coûts

Compléter la solution

CONCEPTION DÉTAILLÉE



Combien ça va coûter?

Sélectionner le matériel basé sur le meilleur coût

Quantité	Item	Coût (roupies)
varie	Gouttières	300 par m
1	Unité de filtration	450 chacune
1	Tuyau de descente et robinet à vanne	750 chacune
1	Coût de main-d'œuvre de construction	300 total

Matériaux de construction	Capacité typique	(roupies/litre)
Béton armé:	> 50,000 litres	2.5
Maçonnerie en brique/pierre:	15,000 à 50,000 litres	4.0
Ferrociment:	4,000 à 15,000 litres	1.5 – 2.0
Plastique:	< 4,000 litres	3.0

Information donnée:

Grosueur du réservoir 10,000 litres

Corniche: 20m*

*(Assumez 10m de long x 2)

Révisé	Total (roupies)	Coûts
Gouttières	6,000	pour 20 m
Filtration	450	chacune
Tuyau et robinet	750	chacune
Main-d'œuvre et construction	300	Total

Total 7,500roupies

Réservoir:

Coût unitaire 2 par litre

Coûts totales 20,000 roupies

Total estimé 27,500roupies

Échange \$0.024/roupies

Total \$CDN

\$660



Est-ce que ce coût est faisable?

- \$660 par unité – est-ce que c'est **raisonnable** basé sur ce que nous connaissons?
- Salaire moyen des habitants
 - Femme: 50 roupies/jour
 - Homme: 75-80 roupies/jour (justice? aucun commentaire..)
- Instabilité économique
 - Dépend de la saison

Salaires des ouvriers

Revenue	50	par jour
Semaine (saisonnier)	16	
Jour/semaine	6	
Jours Totales	96	jour
Revenue total (roupies)	4,800	par année

Un réservoir coûte environ 27,500 roupies, à comparer au salaire annuel estimé de 4,800 roupies!!

Problèmes sociaux et culturels



Problèmes sociaux

- Répartitions des pouvoirs
- Rituel quotidien des villageois
- À qui appartiendra l'eau?
- Quel est le rapport entre hommes et femmes?
- Expérience antérieure de la communauté avec les organisations non gouvernementales

Problèmes culturels

- Approbation locale/familiarité avec la technologie
- Goût de l'eau
- Distance/temps requis pour extraire l'eau
- Main-d'œuvre nécessaire pour la mise en œuvre
- Croyances religieuses/spirituelles
- Les gens sont-ils déplacés pendant le processus de construction

“Autres” problèmes?

- Problèmes d'assainissement
- Problèmes sécuritaires (vol)
- Robustesse, maintenabilité
- Approvisionnement et disponibilité des composants
- Manufacturabilité
- Durabilité (élimination ou recyclage de vieux réservoirs)

