



Institut International d'Ingénierie de l'Eau et de l'Environnement
International Institute for Water and Environmental Engineering

**CONCEPTION D'UN SYSTEME DE COLLECTE DE L'EAU
POUR L'IRRIGATION DE COMPLEMENT DANS LE SAHEL:
APPLICATION DE LA THEORIE TRIZ**

**MEMOIRE POUR L'OBTENTION DU MASTER SPECIALISE
EN GESTION DE L'HYDRAULIQUE ET SYSTEMES IRRIGUES (HSI)**

Présenté et soutenu publiquement 15 octobre 2012

par **Jacques Ouindinboudé KISSOU**

Travaux dirigé par : Dr. Bruno BARBIER
Enseignant, chercheur, 2IE

Jury d'évaluation du stage :

Président : Kouamé KOUASSI

Membres et correcteurs : Bruno BARBIER
Fossi SEVERE
Corentin SOME

Promotion 2011/2012

CITATION

« Une technologie est innovante lorsque l'on peut la fabriquer, la faire fonctionner et la réparer avec des matériaux locaux, surtout à moindre coût » Agnès VAN Ardenne.

REMERCIEMENTS

Le présent mémoire se propose de contribuer à la mise à la disposition des producteurs un type de bassin de collecte de l'eau et un moyen d'exhaure pour l'irrigation de complément, fiables et à coût abordables.

Son élaboration a été rendue possible grâce au soutien et à la collaboration de plusieurs personnes à qui j'aimerais exprimer toute ma reconnaissance :

Au Docteur Bruno BARBIER, enseignant chercheur à 2iE pour m'avoir permis de réaliser ce travail, pour sa disponibilité toutes les fois que j'étais dans le besoin et ce malgré ses nombreuses occupations et surtout de m'avoir fait bénéficier de sa grande expérience, je lui témoigne toute ma profonde gratitude.

A Monsieur Sévère FOSSI ingénieur de recherche et-au Docteur DIARRA, enseignants, tous à 2iE.

Je voudrais également exprimer toute ma reconnaissance :

- ✓ A Monsieur Robert P.OUEDRAOGO directeur de la DGPV/MAH
- ✓ A Monsieur Etienne KABORE directeur de la DIMA et à ses collègues du MAH.
- ✓ A Monsieur Joseph OUEDRAOGO chef de service du SNS et tout son personnel.

Je souhaite faire une mention spéciale :

- ✓ A l'APEFE à travers la DADI, ma structure boursière sans laquelle cette formation n'aurait pas vu le jour.
- ✓ A Monsieur Seydina TRAORE directeur de la DADI et à l'ensemble de son personnel pour leur esprit d'ouverture et de promotion.
- ✓ Je désirais aussi manifester toute ma gratitude aux collaborateurs Bétéo ZONGO, Aida ZARE, Nadège SAVI, Aliti MANGUELIBE pour le bon esprit de groupe et le soutien lors des séances de présentations et autres travaux.
- ✓ Mes remerciements s'adressent aux frères : Mathias KISSOU, Michel GUENGUERE, Alain SANKARA, Olivier GUENGUERE et leur famille.
- ✓ J'exprime particulièrement ma reconnaissance à ma chérie Marie Denise et ma petite fille bien aimée Fabienne, pour leur encouragement et leur soutien. Enfin mes remerciements à toute la promotion de HSI 2011-2012 pour la sympathie, la discipline, l'esprit de famille et de partage tout au long de la formation.

Malgré les précautions prises dans l'énumération des personnes certains noms ont pu être oubliés, que ceux-ci tous trouvent ici mes plus sincères remerciements et l'expression de ma profonde gratitude.

RESUME

L'irrigation de complément est une solution alternative au problème de la maîtrise de l'eau dans des systèmes de productions agricoles pluviaux très vulnérables aux poches de sécheresse nombreuses et récurrentes dans le Sahel. Sa mise en œuvre nécessite entre autre la réalisation d'un mécanisme de stockage des eaux.

Ce travail réalisé s'inspire des avantages et des inconvénients des citernes déjà réalisés et des moyens d'exhaure existant en zone sahélienne Burkinabè précisément à Kongoussi. IL vise à concevoir un type de bassin, d'identifier un moyen d'exhaure qui s'adaptent au contexte et à un coût abordable, à partir de la théorie TRIZ.

La citerne servira à la collecte et au stockage des eaux de ruissellement dans le but de les réutiliser pour l'irrigation de complément pendant les poches de sécheresses.

La détermination des paramètres ou des caractéristiques à améliorer et de ceux qui se dégradent ou qui se conservent à partir des observations tirées des bassins ainsi que des moyens d'exhaures existants, la lecture des principes de résolution correspondants définis dans la matrice de contradictions de la théorie TRIZ et leur analyse constituent les trois grands éléments autour desquels est construite l'ossature de la méthodologie de ce travail.

Nous sommes partis des constats faits sur certaines citernes réalisées à Tougou et d'autres citernes en voie de réalisation dans les villages de Mogodin, Sandouré, Yennega, ainsi que les moyens d'exhaure utilisés dans la zone d'étude. Nous avons ensuite recueilli les suggestions des réalisateurs individuels, identifier les paramètres qu'il y a lieu d'améliorer et ceux qui se dégradent pour appliquer la théorie TRIZ. Une lecture croisée de la matrice de contradictions de TRIZ donne les principes de résolution correspondants. Une interprétation de ces principes nous a permis de déterminer la forme du bassin qui serait adapté, les matériaux à utiliser pour imperméabiliser afin de minimiser les pertes d'eau par infiltration et le moyen d'exhaure d'eau appropriés.

Mots clés : *conception, système de collecte de l'eau, irrigation de complément, Théorie TRIZ.*

ASBTRACT

Supplementaly irrigation is an alternative solution which are the problem of the control of water in rainfed of agricultural production systems ,very vulnerable to many and recurring pockets of dry spells in sub-saharan region. Its implementation amongst other things requires the realization of a mechanism of storage of water.

This work carried out takes has inspiration,some advantages and of the disadvantages of storage facilities already realized and some lefting and existing devises in sub-saharan region of Burkina,precisely in Kongoussi. It aims at conceive a type of basin,to identify a water lefting means that corresponds to the context and at a affordable cost realized by TRIZ theory. The storage tank will serve to the harvest and storage of run-off water in order to reuse it for supplmentaly irrigation purpose during a period of dry spells.

The determination of some parameters or characteristics to be ameliorated and those which are degraded or which are preserved from the observations over the basins as well as some existent lefting devises, the reading of some corresponding principles of resolution defined into the matrix of contradiction of TRIZ theory and their analysis constitute the three important elements around which is built the working procedire.

The work has been a fruit of a constat done over some storage tanks realized in Tougou and others are in construction processus in the towns of Mogodin, Sandoure, Yennega as well as the lefting means used in our study zone.

Furthermore we are collected the suggestions from individuals farmers,identified the parameters to ameliorate and those anderging degradation for applying TRIZ theory. The cross reading of contradictions matrix of TRIZ theory and lead to the corresponding principles of resolution.

The analysis of those principles allowed us to determine the shape of the basin that would be adapted, the materials to use in order to cut-off the seepage and the appropriate water lefting means.

Key words *Conception, water havesting system, supplmentaly irrigation, TRIZ theory.*

SIGLES ET ABREVIATIONS

2iE	:	Institut international d'Ingénierie de l'Eau et de l'Environnement
APEFE	:	Association pour la Promotion de l'Enseignement et la Formation à l'Etranger.
AV	:	Analyse de la Valeur.
AZND	:	Association Zood Nooma pour le Développement.
BUNASOLS	:	Bureau National des Sols.
CRDI	:	Centre de Recherche pour le Développement International
DADI	:	Direction des Aménagements et le Développement de l'Irrigation.
DGPV	:	Direction Générale de la Production Végétale.
DIMA	:	Direction des Intrants et de la Mécanisation Agricole.
ETM	:	Evapotranspiration Maximale.
ETP	:	Evapotranspiration.
MAH	:	Ministère de l'Agriculture et de l'Hydraulique.
ONG	:	Organisme Non Gouvernemental.
TN	:	Terrain Naturel.
TRIZ	:	Initiales de l'expression russe : "Teoriya Resheniya Izobretatelskikh Zadatch" signifiant théorie de résolution de problèmes inventifs.

SOMMAIRE

CITATION	I
REMERCIEMENTS	II
RESUME	III
ASBTRACT	IV
SIGLES ET ABREVIATIONS	V
LISTE DES TABLEAUX	VIII
LISTE DES FIGURES ET DES SCHEMAS	VIII
I - INTRODUCTION	1
II - OBJECTIFS DU TRAVAIL	2
III - HYPOTHESES	2
IV- METHODOLOGIE	2
V - RESULTATS	5
CHAPITRE I : SITUATION DES BASSINS REALISES EN ZONE SAHELIEENNE DU BURKINA FASO	6
1-1- Localisation de la zone d'étude	6
1-1-1 Localisation de Kongoussi au Burkina Faso	6
1-2- Le sol	8
1-3 Les cultures observées :	10
1-4 Estimation des besoins en eau journalier des cultures :	12
1-4-1 Infiltration	12
1-4- 2 Evaporation	12
1-5 Forme des bassins :	14
1.6- Situation des moyens d'exhaure	17
1.7 Le problème de l'irrigation de complément	19
CHAPITRE II : PRESENTATION DE LA THEORIE TRIZ	20
2.1 Origine de la TRIZ	22
2-2 Contradiction	23
2-2-1 Contradictions techniques	Erreur ! Signet non défini.
2-3 Processus ou démarche de résolution d'un problème	24
2-4 Principes	26
2-5 la Matrice	26
2-6 Domaine d'application	27
CHAPITRE III : APPLICATION DE LA THEORIE TRIZ A LA CONNCEPTION D'UN SYSTEME DE COLLECTE DE L'EAU POUR L'IRRIGATION DE COMPLEMENT	28
3-1 Résolution sans compromis des problèmes de contradictions :	28
3-2 Contexte ou Problématique	29
3-3 Modélisation des problèmes techniques du système	29
3-3-1 Identification des paramètres à améliorer et ceux qui se dégradent dans la conception du bassin.	30

	vii
3-3-1-1- Détermination des principes de résolution	30
3-3-2 Identification des paramètres à améliorer et ceux qui se dégradent dans détermination du type de matériaux à assurer l'étanchéité.	32
3-3-2-1 Détermination des principes de résolution	32
3-3-3 Identification des paramètres à améliorer et ceux qui se dégradent dans détermination du type de moyen d'exhaure.	34
3-3-3-1- Détermination des principes de résolution	34
CHAPITRE IV : ANALYSE DES PRINCIPES DE RESOLUTION	36
4-1-Analyse des principes de résolution dans la conception du bassin	36
4-2 Analyse des principes dans la détermination du type de matériaux à assurer l'étanchéité.	37
4-3 Analyse des principes dans la détermination du type de moyen d'exhaure	38
4-4 – Synthèse des résultats.....	38
4-4-1 Forme.....	39
4-4-2 Protection du bassin	39
4-4-3 Moyen d'exhaure	39
4-5 Conclusion partielle.....	39
V - CONCLUSION	41
VI- RECOMMANDATIONS	43
6-1 Protection du bassin	43
6-2 Mise en œuvre expérimentale du système conçu	Erreur ! Signet non défini.
6-3 Technique d'irrigation de complément et des opérations culturales.....	44
BIBLIOGRAPHIE	47
ANNEXES	48

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Caractéristiques des zones climatiques du Burkina Faso.....	8
Tableau 2 : Poche de sécheresse dans la localité de Sandouré	11
Tableau 3 : Poche de sécheresse dans la localité de Yennega	12
Tableau 4 : Besoin journalier et nombre d'arrosage mensuel.....	13
Tableau 5 : Volume d'eau en fonction des cultures.....	14
Tableau 6 : Surfaces construites en fonction du volume.....	15
Tableau 7 : Matériaux utilisés pour assurer l'étanchéité.....	16
Tableau 8 : Comparaison des surfaces à construire des bassins de forme Demi-sphère, Cône et Tronc de cône.	36
Tableau 9 : Besoin en eau du maïs wari.....	Erreur ! Signet non défini.

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Localisation de Kongoussi dans le BAM	7
Figure 2 : Illustration du climat à Kongoussi.....	7
Figure 3 : Carte pédologique de Kongoussi.....	9
Figure 4 : Le cœur de la démarche de TRIZ : modéliser le problème, recherche une voie de solution et la concrétiser	25
Figure 5 : Principe de l'utilisation de la matrice des contradictions	27

LISTE DES SCHEMAS

Schéma 1 : Démarche de résolution de problème selon TRIZ.....	25
Schéma 2 : Récapitulatif de la démarche et de quelques outils de TRIZ.....	27
Schéma 3 : Schéma général du système.....	Erreur ! Signet non défini.

I - INTRODUCTION

Dans la sous-région ouest africaine, les technologies d'irrigation sont généralement importées. Elles sont parfois inadaptées aux situations réelles des producteurs, soient du fait de la complexité de leur application ou bien du coût élevé des matériels que requiert leur réalisation. Ce qui explique en partie l'échec de certaines de ces techniques d'irrigation. L'agriculture Burkinabè qui est toujours fortement dépendante de la pluie et donc très vulnérable aux effets du changement climatique essaie depuis des décennies de trouver des solutions plus ou moins palliatives au stress hydrique récurrent. Pour réduire cette vulnérabilité, des projets d'aménagements de petits et de grands périmètres villageois ont été mis en place par l'Etat à travers la Direction de l'Aménagement et du Développement de l'Irrigation (DADI) du Ministère de l'Agriculture et de l'Hydraulique (MAH), des ONG et des particuliers. Ces projets d'aménagements ont pour vocation de soutenir la production agricole en présence ou non des pluies à travers des techniques comme l'irrigation de complément.

La mise en œuvre de l'irrigation de complément comme solution de lutte contre le stress hydrique, nécessite un minimum d'information sur le bassin versant, des aménagements, particulièrement la construction de petites retenues d'eau temporaires appelées citernes ou bassins. D'autres facteurs comme la forme et la position de la retenue d'eau par rapport aux exploitations agricoles peuvent influencer également la mise en place de l'irrigation de complément.

Le moyen d'exhaure est déterminant et participe au succès de l'irrigation, d'où l'intérêt d'identifier un moyen d'exhaure efficace et efficient à même de permettre au producteur de rentabiliser. C'est dans le souci d'apporter notre part de contribution aux multiples initiatives et innovations prises par nos prédécesseurs dans ce secteur, que nous avons fait notre mémoire sur « la conception d'un système de collecte de l'eau pour l'irrigation de complément, application de la Théorie TRIZ au cas d'une exploitation agricole sahélienne ».

La question centrale à laquelle doit répondre ce travail est : quelle forme de citerne faut-il mettre en place, avec quels types de matériaux pour qu'il s'adapte au contexte et soit à un coût abordable. Il s'agira d'identifier aussi le moyen d'exhaure qui puisse permettre au producteur de rentabiliser leur production et ce à travers la théorie TRIZ.

II - OBJECTIFS DU TRAVAIL

L'objectif global de ce travail est de concevoir et mettre à la disposition des populations un moyen de collecte et d'exhaure d'eau efficace et à un coût accessible pour l'irrigation de complément à travers la théorie TRIZ.

L'atteinte de cet objectif passe nécessairement par la réalisation des objectifs spécifiques suivants :

- Identifier les faiblesses ou insuffisances des citernes réalisées et les moyens d'exhaure utilisés;
- Déterminer les paramètres à améliorer et ceux qui se dégradent ;
- Concevoir le modèle de citerne et déterminer les matériaux à utiliser pour assurer son étanchéité par la théorie TRIZ;
- Identifier un moyen d'exhaure d'eau économiquement rentable par la théorie TRIZ.

III - HYPOTHESES

Deux hypothèses sont admises dans le cadre de ce travail :

- ✓ Le modèle de bassin conçu conserve efficacement l'eau et est à coût accessible ;
- ✓ Le moyen d'exhaure choisi est efficace, efficient et permet de rentabiliser.

IV- METHODOLOGIE

Notre démarche méthodologique est la suivante:

- 1- Situation des types de bassins déjà réalisés en zone sahélienne du Burkina ;
- 2- Identification des paramètres à améliorer et ceux qui se dégradent ;
- 3- Détermination de la forme du bassin, du type de matériaux de construction et du moyen d'exhaure par application de la théorie TRIZ.

1- Situation des bassins déjà réalisés en zone sahélienne du Burkina Faso.

Cette phase consiste à observer les formes des bassins réalisés par les producteurs individuels ; à identifier les matériaux utilisés pour assurer leur étanchéité et s'informer sur le coût de réalisation d'un bassin grâce à la sortie terrain .C'est dans cette phase que les atouts des citernes sont soulignés et les faiblesses décelées tant dans la construction que les coûts.

2- Identification des paramètres à améliorer et des paramètres qui se dégradent ou qui se conservent.

Dans cette étape, il s'agit de tirer des insuffisances physiques des citernes existantes et d'améliorer certains paramètres si nécessaire pour les adapter au contexte. Il s'est agit également de déterminer les paramètres qui sont en contradictions avec les caractéristiques suscités dont leur dégradation ou conservation n'aurait pas d'effet sur le bon fonctionnement du bassin ainsi déterminé.

La détermination de ces paramètres peut être résumée en trois étapes essentielles :

Dans un premier temps, il faut déceler les problèmes que nous cherchons à résoudre dans l'irrigation de complément .Ces problèmes sont appelés problème techniques.

Ensuite nous reformulons ces problèmes techniques en problèmes génériques ou contradictions. Une contradiction c'est ce heurt conflictuel engendré par la résistance des autres systèmes lorsque nous cherchons à améliorer un système. Autrement dit, si on veut améliorer un élément (une pièce) ou d'un paramètre cela entraîne la dégradation ou la préservation d'un autre et vise versa. En clair ce sont des oppositions de caractéristiques ou des paramètres.

Une fois les contradictions déterminées, il faut identifier les caractéristiques sur lesquelles nous voulons mettre l'accent. Celles-ci sont appelées « caractéristiques ou paramètres à améliorer ». L'amélioration de ces caractéristiques va entrainer la dégradation ou la conservation d'autres caractéristiques. Ces dernières sont appelées « caractéristiques qui se dégradent ou qui se préservent »

3- Détermination de la forme du bassin, du type de matériaux à utiliser pour assurer son étanchéité et l'identification du moyen d'exhaure d'eau par application de la théorie TRIZ.

Une fois les deux types de paramètres identifiés c'est-à-dire les paramètres à améliorer et ceux qui se dégradent, on détermine les modèles de solutions ou principes de résolution correspondant par la lecture croisée de ces paramètres dans la matrice de contradictions de TRIZ grâce à un logiciel appelé « MATRICE TRIZ » en ligne sur le site (www.time-to-innovate.com). C'est une matrice carré constituée de 39 caractéristiques (39X39).

Quatre étapes sont essentielles pour appliquer la matrice TRIZ :

Etape 1 :

J'aimerais objectif mais je ne sais pas comment

Expliquer son **objectif** par un verbe à l'infinitif + un complément

Etape 2 :

Paramètre à améliorer est le paramètre le plus approprié pour évaluer que *Objectif* est atteint.

Expliquer par quel paramètre vous allez montrer que *Objectif* est atteint.

Etape 3 :

Le moyen le plus évident pour que paramètre à améliorer évolue dans le sens recherché est que :

Paramètre d'action (Pa) soit Va

Pa : expliquer quel paramètre peut vous servir de levier pour que *paramètre à améliorer* évolue dans le sens recherché.

Va : définir par un adjectif l'état du paramètre d'action.

Etape 4 :

Si paramètre d'action était -Va VAB paramètre qui se dégrade PE2 serait le plus positivement impacté.

VAB : définissez par un adjectif l'état opposé de Va paramètre d'action

PE2 : expliquer quel paramètre serait le plus positivement impacté si paramètre d'action était -Va

Contradiction	Paramètre d'action		 Représente un état satisfaisant.  Représente un état insatisfaisant.
	Va	-Va	
Paramètre à améliorer			
Paramètre qui se dégrade			

Paramètre d'action doit être Va pour satisfaire Paramètre à améliorer et -Va pour satisfaire Paramètre qui se dégrade.

A la suite de ces étapes, on applique la matrice TRIZ en sélectionnant les paramètres génériques de la matrice qui correspondent aux paramètres de notre contradiction. On obtient les principes inventifs qui nous permettront de résoudre notre contradiction.

Paramètre qui se dégr. →	Aucun	Aucun
Paramètre à améliorer ↓	Aucun	

Aucun

Principes

L'identification et l'analyse de ces principes vont nous orienter vers la détermination du type de citerne à concevoir, la détermination du type de matériaux pouvant servir à assurer l'étanchéité du bassin et le type de moyen d'exhaure adaptés au contexte.

V - RESULTATS

Dans l'optique de bien présenter les résultats auxquels nous sommes parvenus cette partie présentera l'architecture suivante :

Chapitre1 : Situation des bassins et des moyens d'exhaure utilisés

Chapitre 2 : présentation de la méthode TRIZ.

Chapitre 3 : application de la méthode TRIZ à la conception d'un système de collecte de l'eau et de moyen d'exhaure pour l'irrigation de complément au sahel

Chapitre 4 : Analyse des principes de résolution

CHAPITRE I : SITUATION DES BASSINS REALISES EN ZONE SAHELIEENNE DU BURKINA FASO

1-1- Localisation de la zone d'étude

L'étude est menée dans la commune de Kongoussi précisément dans les villages de Sandouré, Yénenga et Mogodin.

1-1-1 Localisation de Kongoussi au Burkina Faso

La localité de Kongoussi est située dans la région du centre nord du Burkina Faso qui se trouve en majeure partie dans la bande sahélienne. Cette localité relève de la commune de Kongoussi (chef-lieu de la province du Bam). Les coordonnées géographiques relevées sur la carte touristique et routière, IGB, 2000 sont : (Longitude : 1°37'83.4" Ouest et Latitude 13°18'53, 1" Nord). Elle est située à une centaine de kilomètres au Nord de Ouagadougou et elle est limitée :

- à l'Est par la commune de Barsalogo ;
- à l'Ouest par les communes du Rollo et de Tikaré ;
- au Nord par la commune de Bourzanga ;
- au Sud par la commune de Guibaré.

La **figure 1** montre la situation de la localité de Kongoussi dans le BAM.

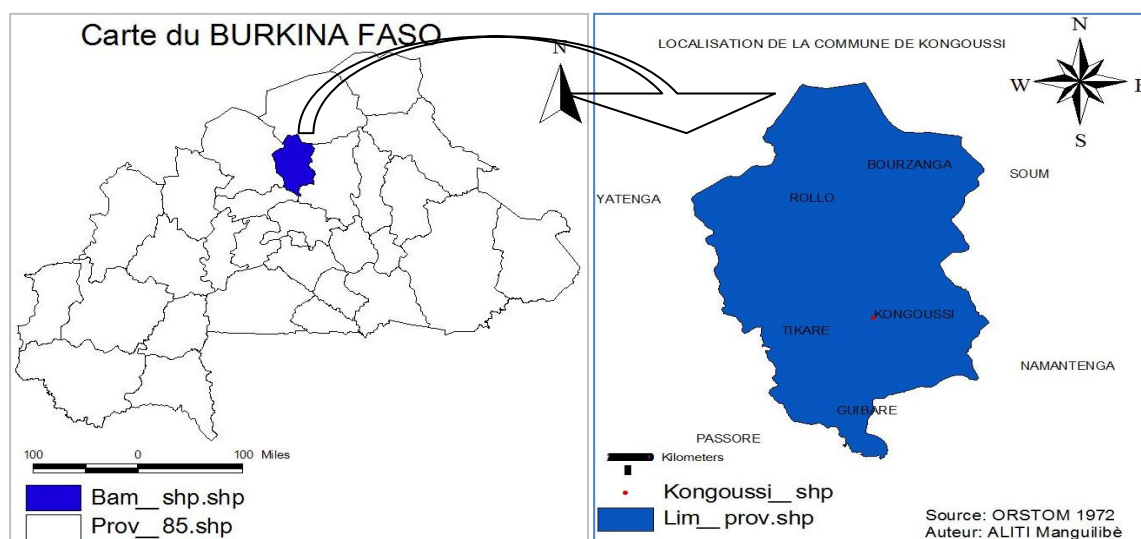


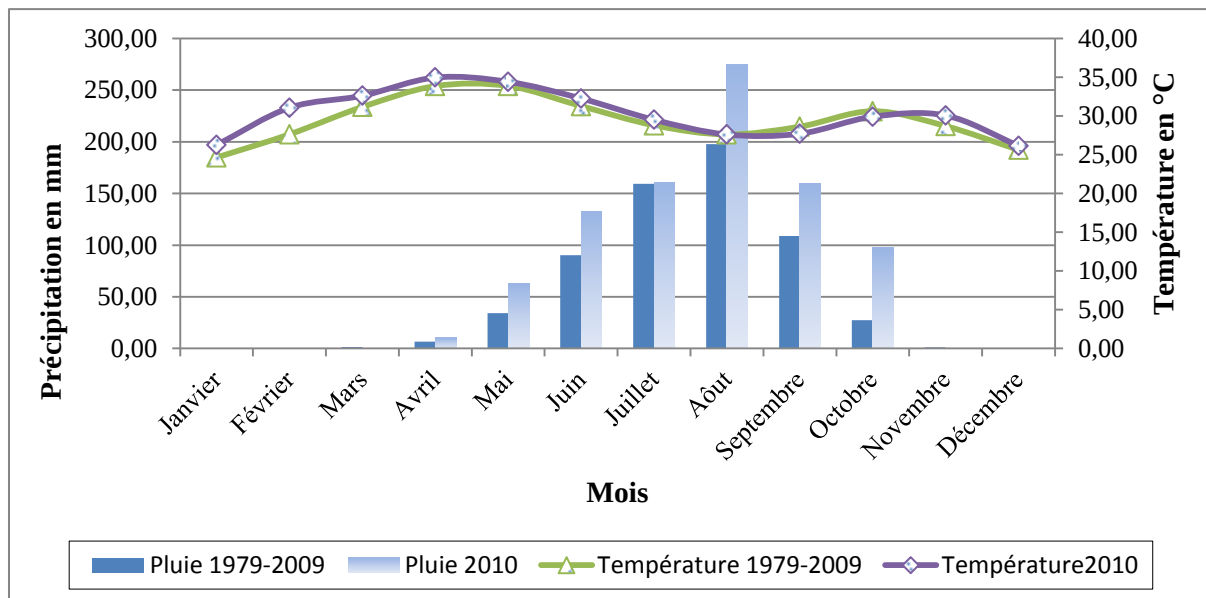
Figure2 : situation de la localité de Kongoussi dans le BAM

2-2 Le climat

Dans la commune de Kongoussi, on rencontre un climat sahélien où il ne tombe guère plus de 600 mm de pluie. La saison des pluies y est inférieure à quatre (4) mois allant de Juin à Septembre. Le mois d'Août est le mois le plus pluvieux de l'année. L'amplitude thermique

Figure 1 : Localisation de Kongoussi dans le BAM

L'écart de température est remarquable entre le jour et la nuit. La **figure 5** présente les températures maximales et minimales ainsi que la température observée de 1979 à 2009.

**Figure 2 :** Illustration du climat à Kongoussi

Selon *Da Silveira et al (2012)*, la vitesse moyenne du vent mesurée à deux mètres au dessus du sol varie entre 1 m/s et 2 m/s et la durée de l'insolation comprise entre 6 et 9 heures.

La température moyenne sous abri est de 29° C et l'ETP de 40 mm.

L'humidité maximale relative de l'air est de 85 % ; l'humidité minimale relative est de 43 %

L'évaporation bac « A » correspondant au **tableau n°1**, se situe entre 2600 et 2900 mm.

Tableau III : Caractéristiques des zones climatiques du Burkina Faso	Zones Climatiques		
	Sud soudanienne	Nord soudanienne	Sahélienne
Caractéristiques des Zones climatiques			
Pluviométrie annuelle	900 à 1200 mm	600 à 900 mm	300 à 600 mm
Durée de la saison des pluies (jours)	180-200	150	110

Nombre de jours de pluies	85-100	50-70	<45
Température moyenne annuelle	27°C	28°C	29°C
Amplitude saisonnière	5°C	8°C	11°C
Humidité moyenne de l'air			
- Saison sèche	25%	23%	20%
- Saison humide	85%	75%	70%
Evaporation annuelle (bac classe A)	1 800-2 000 mm	2 600-2 900mm	3 200-3 500mm

Tableau 1 : Caractéristiques des zones climatiques du Burkina

Source : Adapté des données de la Direction de la Météorologie de 1961 à. 1990

1-2-Le sol

Le relief de Kongoussi est constitué d'une vaste pénéplaine monotone peu accidentée. Cette pénéplaine est contrastée par endroit par quelques vallées et des formations collinaires. L'altitude moyenne est de 350 à 400 m. Le site d'étude est essentiellement dominé par des **sols peu évolués** sur matériaux gravillonnaires qui ne sont pas très favorables à l'agriculture et par des **sols hydro morphes** sur matériau argilo-sableux qui sont favorables à l'agriculture. La **figure 3** décrit la pédologie observée dans la localité de Kongoussi (BAM).

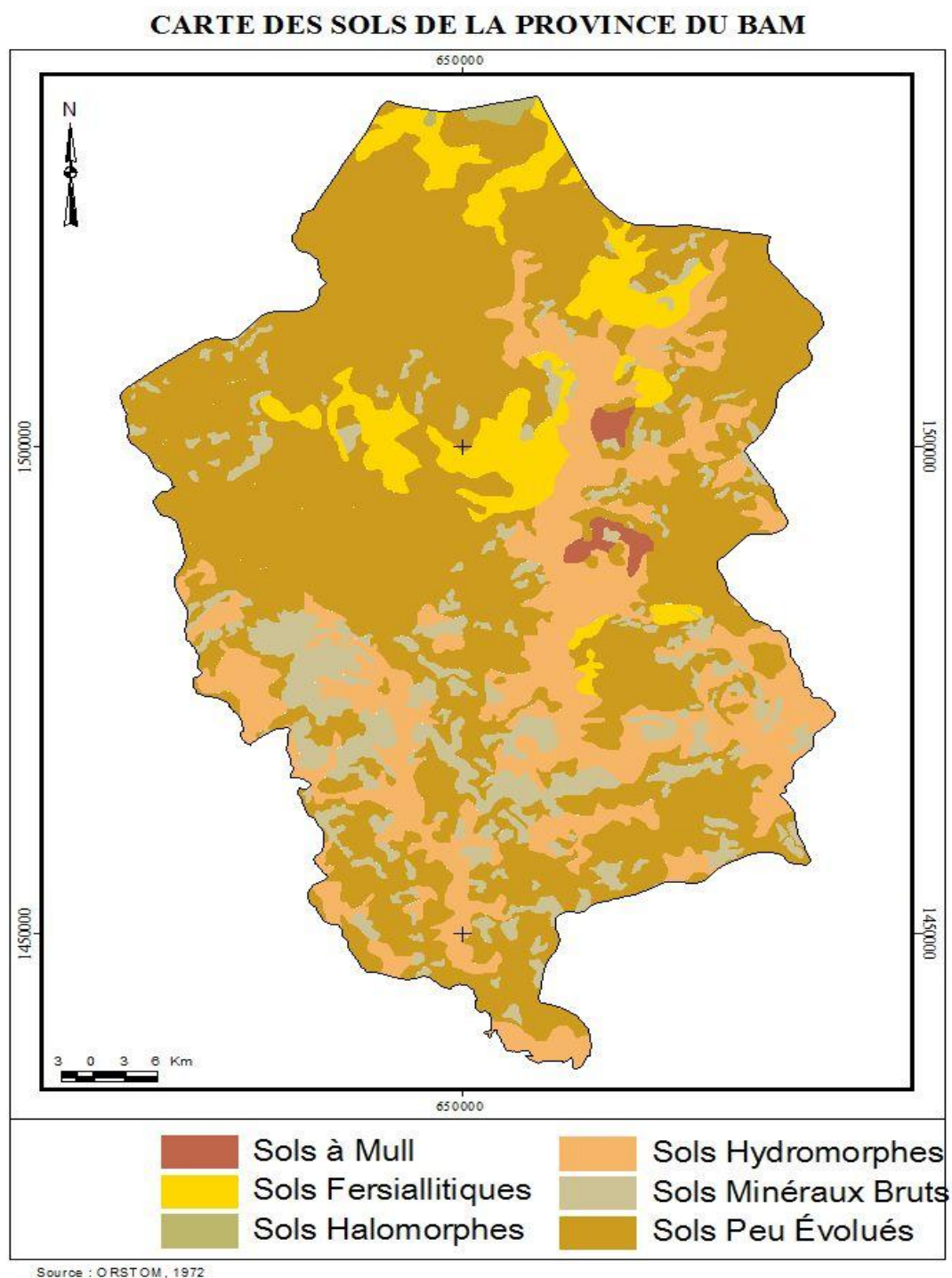


Figure 3 : CARTE DES SOLS DE LA PROVINCE DU BAM (source : Kissou O. Jacques, 2012)

Les citernes reposent sur des sols à pente moyenne et estimées à 2,7 %, acceptables pour approvisionner les zones de cultures dans le bas-fond par un système d'irrigation gravitaire.

Pour ce qui est des eaux souterraines, l'infiltration de l'eau dans le sol est influencée par les variables tels que le couvert végétal (très prépondérant), le microrelief, l'activité faunique, l'érosion et les organisations superficielles (Albergel, J. et Valentin C., 1985). Les conditions géomorphologiques de la zone d'étude sont peu favorables à une bonne infiltration, donc à une recharge permanente de la nappe phréatique. En outre, on constate une couverture végétale peu dense qui serait favorable à une recharge de la nappe phréatique selon la carte d'occupation des sols.

Du point de vue hydrographie, la province ne possède aucun cours d'eau permanent. En dehors de quelques bas-fonds situés dans le lit du fleuve *NAKAMBE* susceptibles de retenir l'eau temporairement, le réseau hydrographique se limite aux retenues d'eau et aux barrages réalisés dans la province avec une capacité totale de 20,280 millions de m³ d'eau. La durée de cette ressource eau au niveau des retenues d'eau est influencée par d'autres facteurs externes comme l'évaporation, la pression anthropique (agriculture, élevage, pêche, etc.).

La carte d'occupation des sols indique une pression autour des retenues d'eau. Ces points d'eau sont constamment sollicités pour les activités agro-sylvo-pastorales (BOGNINI Siégounou)

1-3 Les cultures observées :

Les spéculations recensées et pratiquées par les exploitants sont les suivantes :

Le sorgho - Le mil - Le niébé - L'arachide - Le sésame - Le maïs - L'oseille - Le piment - L'aubergine - Le coton - Pois de terre - Le fonio - Le tabac.

D'après une petite enquête menée auprès des exploitants de Sandouré et Nyenenga (Kongoussi), les plantes qui suivent atteignent le stade de flétrissement permanent dans les délais suivants :

DUREE MAX DE POCHE DE SECHERESSE SUPPORTABLE (J)				
Localité de SANDOURE				
	Semis	Montaison	Epiaison	Floraison
Le sorgho		30	7	
Le mil				
Le niébé				
L'arachide				24
Le sésame				

Le coton				
Le maïs	15	20	30	
L'aubergine, le piment, l'oseille				
Le fonio, le Pois de terre, Le tabac				

Tableau 2 : Poche de sécheresse dans la localité de Sandouré

Source : *Da Silveira et al (2012), rapport CRDI*

DUREE MAX DE POCHE DE SECHERESSE SUPPORTABLE (J)	
Localité de NYENENGA (Kongoussi)	Toute Période
Le sorgho	5 ou 7
Le mil	5 ou 7
Le niébé	5 ou 7
L'arachide	5 ou 7
Le sésame	5 ou 7
Le coton	5 ou 7
Le maïs	5 ou 7
L'aubergine, le piment, l'oseille	5 ou 7
Le fonio, le Pois de terre, Le tabac	5 ou 7

Tableau 3 : Poche de sécheresse dans la localité de Yenenga

Source : *Da Silveira et al (2012).*

De l'analyse des relevés pluviométriques, il ressort une durée maximale de poche de sécheresse de 30 jours et il y a eu des incidences sur les cultures. Ce constat est bien fondé car les différentes cultures sont sensibles au déficit hydrique.

1-4 Estimation des besoins en eau journalier des cultures :

1-4-1 Infiltration

L'infiltration ou perméabilité dépend des matériaux de surface qui tapissent le fond et les côtés de l'ouvrage. Pour le sol de la zone d'étude, la perméabilité étant faible, une valeur d'infiltration de 5 mm/jour a été retenue pour le dimensionnement (*Da Silveira et al (2012)*)

1-4- 2 Evaporation

Les études climatiques révèlent une forte évaporation dans la zone d'étude.

Selon *Da Silveira et al (2012)*, l'estimation du besoin journalier en eau donne comme hypothèses :

- Le Kc le plus élevé ;
- la valeur de l'ETP mensuelle la plus élevée de la saison des pluies (250mm) ;
- L'évaporation au vu des données du tableau ci-dessus est en moyenne, au bac A, de 9,8mm/j soit une profondeur supplémentaire de 30cm ;
- La perméabilité des sols même faible peut être prise comme de 5 mm/jour (soit $5,8 \cdot 10^{-8}$ m/s) soit une profondeur supplémentaire de 15cm ;
- La taille des parcelles seront de 0,25ha ;

La durée maximale de la poche de sécheresse de 30 jours.

Les besoins en eau journaliers pour chaque culture se calcul de façon suivante :

$$ETM \text{ (mm/j)} = \frac{Kc \times ETP}{30}$$

La poche de sécheresse est estimée à 30 jours et dure entre deux arrosages 5 jours.

Spéculations	Kc pointe	ETP pointe (mm)	Besoin (mm/j)	Nbre. d'arr. estim.
Le sorgho	1,00	250	8	3
Le mil	1,00		8	3
Le niébé	1,05		8,5	3
L'arachide	1,15		9,5	1
Le sésame				
Le coton	1,05		9,5	2
Le maïs	1,10		9	2
L'oseille				
L'aubergine				
Le piment	1,05		8,5	3
Le fonio				
Pois de terre	1,1		9	2
Le tabac	1,15		9,5	2

Tableau 4 : Besoin journalier et nombre d'arrosage mensuel

Source : *Da Silveira et al(2012)..*

Les volumes d'eau nécessaires pour l'irrigation de complément de chaque spéculation sont consignés dans **le tableau n°5**.

La parcelle témoin a une superficie de 0,25 hectares.

Le volume d'eau total se calcul par l'équation suivante :

$$V = \text{Besoin mensuel (m}^3/\text{ha)} * \text{Superficie (ha)}$$

Spéculations	ETP pointe (mm)	Besoin (mm/j)	Nbre. d'arr. estim.	S = 0,25 ha
				Vol. Eau (m3)
Le sorgho	250	8	3	600
Le mil		8	3	600
Le niébé		8,5	3	637,5
L'arachide		9,5	1	712,5
Le sésame				0
Le coton		9,5	2	712,5
Le maïs		9	2	675
L'oseille				0
L'aubergine				0
Le piment		8,5	3	637,5
Le fonio				0
Pois de terre		9	2	675
Le tabac		9,5	2	712,5

Tableau 5 : Volume d'eau en fonction des cultures

Source : Da Silveira et al (2012)**1-5 Forme des bassins :**

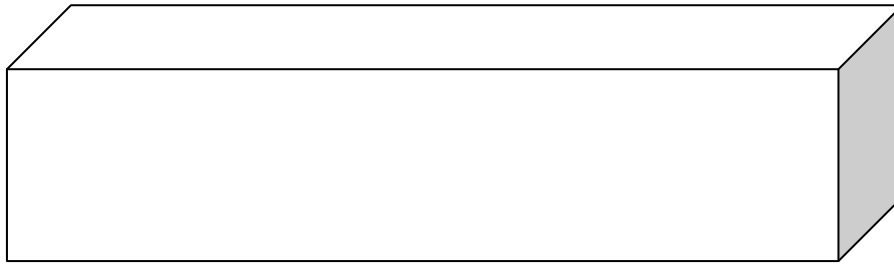
Deux formes sont rencontrées et sont fonction du volume d'eau à emmagasiner : la forme trapézoïdale et la forme rectangulaire.

Vue en plan

Section trapézoïdale talus 1/1



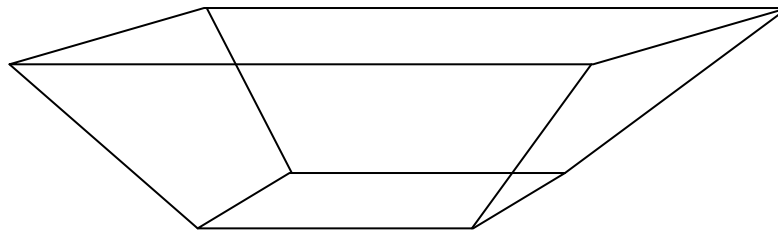
Section rectangulaire

Vue dans l'espace

Section rectangulaire

Section trapézoïdale

-



Section trapézoïdale talus 1/1

- Volume des bassins :

En considérant la culture la plus contraignante (le maïs) et la culture qui résiste le mieux au stress hydrique, la détermination du volume d'eau d'irrigation permet de dimensionner le bassin et de calculer la superficie à protéger (le revêtement). Ainsi, les bassins réalisés ont des longueurs et les largeurs fixées respectivement 20*15. **Le tableau n°6** illustre les surfaces construites en fonction du volume.

S Volumes (m ³)	Rectangle **		Trapèze ***	
	Dimensions	Surf à construire	Dimensions	Surf à construire
150	20*15*1	370 m ²	20*15*1	401 m ²
480	20*15*2,1	447 m ²	20*15*1,46	451 m ²
540	20*15*2,3	461 m ²	20*15*1,63	469 m ²
0600	15*20*2,5	475 m ²	15*20*1,79	487 m ²
675	20*15*2,75	493 m ²	20*15*2,00	510 m ²

Tableau 6 : Surfaces construites en fonction du volume.

Source : Da Silveira et al (2012)

$$** S (m^2) = h (2l + 2L) + 300$$

$$*** S (m^2) = 2 \cdot h \cdot 2^{1/2} (l + L + h) + 300$$

Situation de matériaux utilisés pour assurer l'étanchéité :

Différentes combinaisons de revêtement de surface ont été analysées pour les de 1- 2,1- 2,3- 2,5- 2,75 m de profondeur et ont servi à assurer l'étanchéité des bassins comme le synthétise le **tableau n°7**.

	Les différents matériaux utilisés pour assurer l'étanchéité des bassins
A	Revêtement argile lissée à la main (villageois), grillage poulailler et cimentation
B	Revêtement en ferrociment avec treillis soudé et cimentation sol gonflant
C	Revêtement perré maçonné + plastic
D	Revêtement béton armé avec ferraillage léger D = 6mm 0,2*0,2

Tableau 7 : Matériaux utilisés pour assurer l'étanchéité

Source : Da Silveira et al (2012).

Le revêtement est posé jusqu'à environ 30 cm en dessous du terrain naturel puis remblayé ensuite par du sable et des congglomérats jusqu'au TN. Ces congglomérats font office de filtre pour l'eau de ruissellement en empêchant le passage des déchets dans le bassin (branches d'arbre, plastiques etc.).

La main d'œuvre est constituée essentiellement de manœuvres (5 à 7 personnes) et d'un technicien spécialiste pour l'encadrement.

Le coût estimatif de réalisation des bassins dépende du type de matériaux utilisé pour assurer leur imperméabilité.



Exemple de bassin rectangulaire, revêtement plastic

-

Exemple de bassin rectangulaire, revêtement d'argile lissée à main.



Exemple de bassin rectangulaire, revêtement argile lissée à la main et du gabbion.(Gonré)



Exemple de bassin circulaire imperméabilisé au béton (Guiè)

L'implantation de ces types de bassins revêt aussi bien des avantages que des inconvénients.

1.6- Situation des moyens d'exhaure

Les paysans de Bam pratiquent l'irrigation mais surtout l'irrigation de contre saison.

Les systèmes d'irrigation rencontrés dans la zone sont la raie, la planche, le gravitaire et le goutte à goutte ; l'aspersion n'est utilisée que par quelque producteur nanti. La motopompe est la plus utilisée autour du lac Bam pour l'irrigation.

Les modes ou moyen d'exhaure d'eau sont manuel (arrosoir), la pompe à pédale et la motopompe à carburant.

Avantages

- disponibilité de sachet plastique ;
- disponibilité de matériaux locaux (pierre, conglomérats, sable, argile) ;
- organisation des producteurs par groupe de 40 ou de 100 personnes pour l'implantation des bassins.
- augmentation du revenu des producteurs.

Inconvénients

- Le creusement de la fosse nécessite une main d'œuvre importante (entre 40 et 100 personnes) selon la nature du sol ;
- Le creusement occupe presque le temps des autres activités du producteur (elle est prévue généralement pour deux mois) et deux jours sont consacrés à l'activité dans la semaine ;
- Selon les paysans, s'il fallait payer la main d'œuvre, elle serait d'environ 2000 FCFA /jour, soit 32000 FCFA / personne à l'échéance, ce qui paraîtrait très cher par rapport à leur bourse.
- Terre répandue autour du bassin et envasement complète en cas d'inondation de la parcelle dans certains cas ;
- Bordure entretenue de sacs de sable et d'argile dans d'autre cas et le bassin ne recueille en grande partie que l'eau qui tombe du ciel d'où une faible quantité de l'eau recueillie ;
- Dégradation précoce du revêtement (cas des revêtements en plastique) ;
- Risque de pollution des champs à long terme par le polyéthylène ;
- Bassin coûteux pour une tierce producteur (Revêtement argile lissée à la main (villageoise)
- 275125 FCFA selon *Da Silveira et al 2012*).
- Pénibilité dans l'application de certains modes d'exhaure (arrosoir, pompe à pédale)
- en cas de rabattement du niveau d'eau.

1.7 Le problème de l'irrigation de complément

Le problème que connaît l'irrigation de complément relève principalement de la difficulté à déterminer l'emplacement de la retenue ,le modèle de citerne adapté à choisir , le type de matériaux à utiliser pour assurer l'étanchéité du système de collecte de l'eau et le moyen d'exhaure efficace, à même de rentabiliser l'exploitation agricole par irrigation de complément.

Suite à ces constats, des inquiétudes s'installent et il y a lieu de se poser des questions sur une possibilité de concevoir une forme de bassin qui puisse stocker une importante quantité d'eau pour couvrir les besoins en eau de la culture et d'identifier un moyen d'exhaure efficace,efficient, économiquement rentable.

C'est dans ce souci de créativité et d'innovation, que l'application de la théorie TRIZ trouve son sens.

CHAPITRE II : PRESENTATION DE LA THEORIE TRIZ

Les méthodes de conception analysées sous l'angle de la créativité et de la résolution de problèmes et de leurs limites dans le contexte de l'Afrique de l'Ouest sont multiples.

Afin de bien préciser le sens des concepts, un petit glossaire est proposé ci-dessous. Par souci de simplicité ce glossaire est classé par ordre alphabétique.

Quelques définitions relatives aux outils de conception

➤ Conception :

Selon l'Association Française pour la Norme (AFNOR), la conception est « une activité *créatrice*, qui partant des besoins exprimés et des *connaissances existantes* aboutit à la définition d'un produit satisfaisant ces besoins et industriellement réalisable » (AFNOR, 1988). Cette définition permet de voir la dimension créatrice de l'activité de conception et le fait que les connaissances constituent un préalable à l'activité de conception. Des auteurs ont en effet étudié l'importance des connaissances dans l'application des méthodes de conception et distinguent les *connaissances « dynamiques »* (raisonnements, savoirs-faires, techniques et méthodes) des *connaissances « statiques »* qui font référence aux informations et à leurs interrelations (Ferrier, Kneubühler et al., 2007). Ces deux types de connaissance forment un réseau sémantique qui s'élargit à l'acquisition de nouvelles informations et à la mise en œuvre de connaissances dynamiques, d'où l'intérêt de travailler en équipes pluridisciplinaires, favorisant la production de nouvelles idées et de concepts de solutions. Connaissances et concepts sont liés et leur relation est à la base de la « théorie unifiée de la conception » ou théorie C-K (Hatchuel, Lemasson et al., 2006) .

Pour d'autres auteurs, la conception est simplement le processus qui aboutit à la création de nouveaux produits¹(Crowl, McDowell et al., 2001). D'après Bocquet (2001), le besoin nouveau est l'émergence d'une nécessité, d'un désir éprouvé par un individu, un groupe d'individus, et ces besoins peuvent être satisfaits par un produit. Les produits, dans le contexte de ce travail, peuvent être des systèmes physiques, des matériels et des processus industriels.

¹ Un produit peut être un produit physique mais également un concept ou un service.

Dans le secteur agroalimentaire ce sont aussi les besoins des consommateurs qui définissent les tendances des nouveaux produits (ex : les plats précuisinés, les produits biologiques...). Il faudra donc distinguer les deux (2) acceptions du terme "produit", d'une part l'objet physique résultat de la conception, c'est-à-dire l'équipement, d'autre part le produit agroalimentaire, objet d'une ou plusieurs transformations.

➤ **Coût :**

Le coût est la dépense faite pour un produit donné, ou qui lui est imputable selon la définition retenue pour l'Analyse de la valeur (AFAV, 2008). L'AV distingue les deux types de coûts suivants :

Le coût de fonction : ensemble de la dépense prévue ou réalisée pour incorporer une fonction dans un sujet AV ;

Le coût global : coût d'acquisition et de possession d'un produit pendant une période déterminée de son cycle de vie (Le cycle de vie est l'intervalle de temps qui va de la création du produit à son retrait de l'utilisation et son élimination).

➤ **Créativité :**

La créativité est définie comme « la capacité d'imagination, d'invention, de création » (Larousse, 2009). Elle intervient dans le processus de conception de nouveaux produits. C'est selon Salamatov (1999), la capacité à apporter la bonne solution, au bon endroit, au bon moment. La créativité s'alimente de la connaissance et de l'information Ngassa, Bary et al (2002). C'est le fondement des travaux d'Altshuller, créateur de TRIZ, qui propose des outils d'amélioration de la créativité basés sur la connaissance et qui soutient que le champ des possibles est limité à un certain nombre de configurations types. Selon lui, la création n'est pas le fait du hasard (Altshuller, 1984) et elle est beaucoup plus productive quand on connaît les ressorts de celle-ci que lorsqu'on procède de façon aléatoire.

➤ **Efficacité et efficience :**

L'efficacité est définie comme étant la qualité d'une chose, d'une personne, qui est capable d'atteindre les objectifs assignés initialement par son action, c'est-à-dire qui produit l'effet attendu. C'est l'articulation entre résultats et objectifs : *‘Est-on arrivé à ce que l'on avait l'intention de faire, à quel point l'objectif fixé est-il atteint ?’*

L'efficacité est définie comme la capacité de rendement², la performance de l'action. On parlera de *l'efficacité d'une technique, d'une entreprise* (Le Petit Larousse, 2009).

TRIZ : initiales de l'expression russe : "Teoriya Resheniya Izobretatelskikh Zadatch" signifiant théorie de résolution de problèmes d'innovation.

- Un processus rationnel d'innovation basé sur ce qui a été déjà inventé.
- Adaptation de l'innovation au contexte

La théorie TRIZ qui est présentée ici est une introduction à une approche nouvelle qui consiste à construire un processus rationnel d'innovation prenant appui sur ce qui a été déjà inventé.

2.1 Origine de la TRIZ

La TRIZ a été créée par un RUSSE Guenrich Altshuller (1926-1998)

Guenrich Altshuller s'est demandé si, en analysant des brevets (mais également d'autres sources d'informations, comme des outils et méthodes existantes, des publications scientifiques, et même le comportement psychologique de certains inventeurs), il pourrait dégager des règles simples, valables pour tous les domaines d'application, susceptibles d'aider les inventeurs dans leurs travaux. Son métier l'ayant amené à examiner des milliers de brevets, il a mis son idée en pratique et a, en effet, remarqué certains "motifs" récurrents. Cela l'a conduit à formuler les observations suivantes, qui sont à la base de sa "*Théorie de la Résolution des Problèmes Inventifs*", connue sous son acronyme russe TRIZ (pour *Teoriya Resheniya Izobretatelskikh Zadatch*) : Il ne voulait pas être inventeur mais aider les autres à l'être. Guenrich Altshuller encore appelé Altov veut montrer son insatisfaction à l'égard de certains scientifiques qui disaient que les inventions étaient le fruit du hasard, de l'humeur, des qualités innées.

Altshuller veut trouver un référentiel pour les inventeurs car après avoir sillonné de nombreuses bibliothèques scientifiques et techniques, s'était rendu compte du manque de documents qui mettaient en évidence le génie des inventeurs. Il avait deviné que : « l'invention n'était qu'une élimination de contradictions techniques avec certains procédés ». **Pour lui, un problème inventif est un problème qui ne comporte pas de solution connue, et contient au moins une contradiction.**

² Production évaluée par rapport à une norme, à une unité de mesure.

Au-delà, il voulait faire des propositions d'outils d'amélioration de la créativité basés sur la connaissance de configurations types.

‘Après s’être penché sur environ 200000 brevets, il a analysé et a conclu qu’il existait environ 1500 contradictions techniques solution nables d’après des procédés typiques.

L’analyse de ces brevets par Guenrich Altshuller et ses élèves a eu pour résultat la mise en place de quarante(40) principes. Les 40 principes servent « d’instrument » pour la résolution de contradiction technique dans tous les domaines.

Un système technique conçu sans les avoir respectées sera non-viable et sera inévitablement vaincu par un système concurrent qui les aura respectées (Guenrich Altshuller). Il a également créé trente neuf.(39) caractéristiques ou paramètres qui constituent la matrice de contradictions.

2-2 Contradiction

Dans TRIZ, le modèle élémentaire d'un problème est une *contradiction* entre deux exigences ou spécifications. Afin d’améliorer un système ou un de ses éléments, il arrive souvent qu’on se heurte à la résistance des autres systèmes ou de ses éléments ou encore des effets de l’environnement. Cette situation de conflit (quand on veut améliorer un « paramètre bon » engendre la dégradation d’un autre paramètre) s’appelle une contradiction technique.

Selon Guenrich Altshuller: « Un problème inventif est un problème qui ne comporte pas de solution connue, et qui a au moins une contradiction.

Pour chaque type de contradiction, TRIZ propose des *principes de résolution* dont l'originalité réside dans le *refus du compromis*.

On dit qu'il y a contradiction technique lorsqu'en l'état actuel du produit, *il n'est pas possible d'améliorer l'une des performances du produit sans en dégrader une autre de façon inacceptable* --- autrement dit, lorsque deux quantités physiques différentes sont soumises à des exigences qui, compte tenu du fonctionnement actuel, sont contradictoires.

L'exemple du train pourrait se modéliser par la contradiction technique suivante : *"améliorer la vitesse sans augmenter les pertes d'énergie"*.

Les contradictions techniques sont sans doute les modèles de problèmes les plus employés, car leur résolution est relativement simple. Altshuller a en effet proposé des outils "prêts à

l'emploi" donnant directement des idées de solutions, régulièrement actualisés depuis les débuts de la méthode.

Ces outils sur la **Figure 5**, sont au nombre de 3 :

- une liste de 39 paramètres de conception "génériques", modélisant les quantités physiques sur lesquels peuvent porter les contradictions ;
- une liste de 40 principes de base, schématisant des façons courantes de surmonter ces contradictions ;
- un tableau 39*39 nommé "matrice des contradictions" indiquant, pour chaque couple de paramètres impliqué dans la contradiction technique, quels sont les principes de base les plus souvent employés pour sa résolution.

2-3 Processus ou démarche de résolution d'un problème

A partir de ces observations, Altshuller a proposé une démarche générale pour la résolution des problèmes inventifs, c'est-à-dire des problèmes techniques pour lesquels aucune solution technique satisfaisante n'est connue des concepteurs. Le cœur de cette démarche est schématisé sur la **Figure 1** et comprend trois étapes :

1. **Modéliser** le problème technique par un problème générique abstrait (par exemple par une ou plusieurs contradictions)
 2. **Rechercher**, dans les "catalogues d'idées", des voies de solution génériques correspondant à ce problème générique ;
 3. **Concrétiser** une (ou plusieurs) de ces voies de solution génériques en une solution technique, qui répond spécifiquement au problème technique initial. L'application de cette démarche, conduit à une *évolution* du produit, selon les lois établies par G.Altshuller.
-

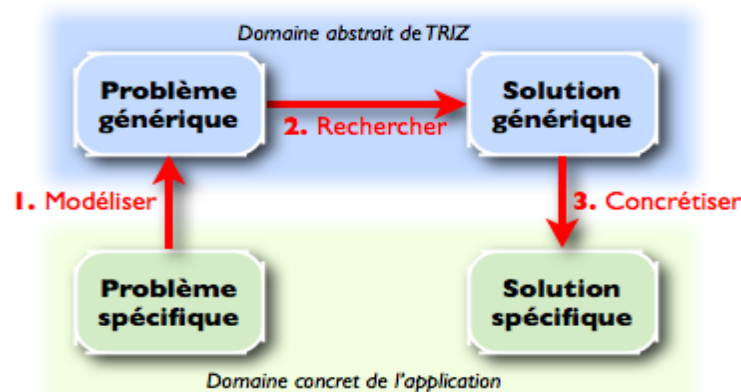


Figure 4 : Le cœur de la démarche de TRIZ : modéliser le problème, recherche une voie de solution et la concrétiser

Abstraction des problèmes en modèle de problème : Pour résoudre un problème spécifique de manière innovante, il faut le reformuler en un problème générique (modèle de problème) auquel correspond un modèle de solution, également générique, qui sert d'inducteur d'idées de solutions spécifiques au problème initial (Gharbi, Ngassa eal., 2001) selon le schéma1 suivant :

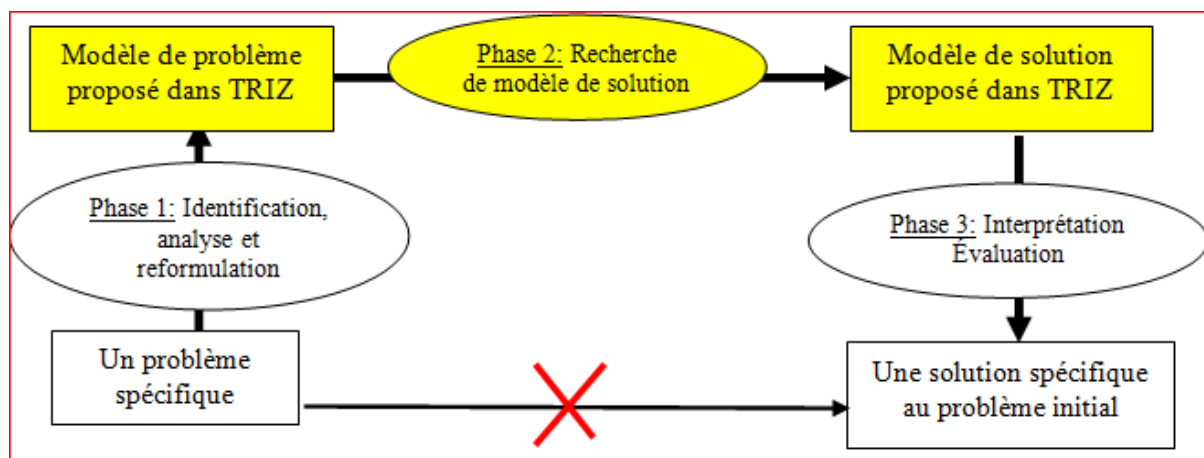


Schéma 1 : Démarche de résolution de problème selon TRIZ

Pour la résolution de telles contradictions techniques, les problèmes sont d'abord transformés en modèles de problèmes qui sont les caractéristiques. Ceux-ci vont correspondre à des modèles de solutions. Ces modèles de solutions ne sont rien d'autre que les principes proposés par la matrice.

Il est cependant nécessaire de noter que n'importe quel problème ne peut être réduit à la résolution d'une contradiction technique.

2-4 Principes

La TRIZ est partit -du principe -suivant :

L'évolution des systèmes techniques doit tendre vers l'idéalité. Pour ce faire, Il faut surmonter les contradictions. La conception de Guenrich Altshuller est que : « seule la méthode des essais et des erreurs génèrent des découvertes ».La matrice TRIZ comporte quarante (40) principes ou solutions.

Chaque principe est suggéré pour résoudre des contradictions.

2-5 la Matrice

La matrice réalisée par Altshuller est une matrice carrée qui aide à la résolution des contradictions techniques. C'est une matrice de dimension 39X39.

Les lignes représentent les paramètres ou caractéristiques à améliorer, les colonnes sont les paramètres qui se dégradent à cause de cette amélioration.

La case d'intersection de la ligne et de la colonne choisies contient des numéros des principes.

Maintenant il ne reste qu'à étudier attentivement les principes proposés et à les interpréter par rapport au problème concret à résoudre.

Si une case vide se trouve à l'intersection de la ligne et de la colonne choisies, il faut reformuler le problème autrement et trouver un autre couple de paramètres.

Pour la formuler, il faut trouver un moyen conventionnel qu'on utilise d'habitude pour améliorer cette caractéristique. C'est là qu'apparaît la contradiction. En fait, le processus habituel consiste à ce que l'amélioration d'une caractéristique entraîne la détérioration ou la conservation d'une autre. Ainsi, la formulation d'une contradiction technique aura la forme suivante :

- Si une caractéristique A s'améliore, une caractéristique B se dégrade (pas de compromis)
- Naturellement, le nombre de paramètres qui se dégradent est aussi supérieur à un.

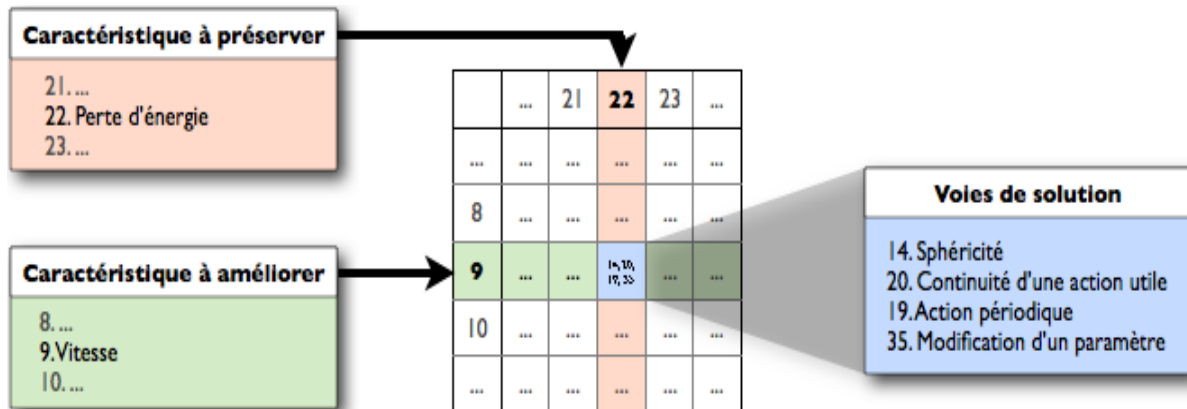


Figure 5 : Principe de l'utilisation de la matrice des contradictions

2-6 Domaine d'application

TRIZ propose de nombreux modèles pouvant être utilisés pour analyser et résoudre des problèmes inventifs (voir Figure 2).

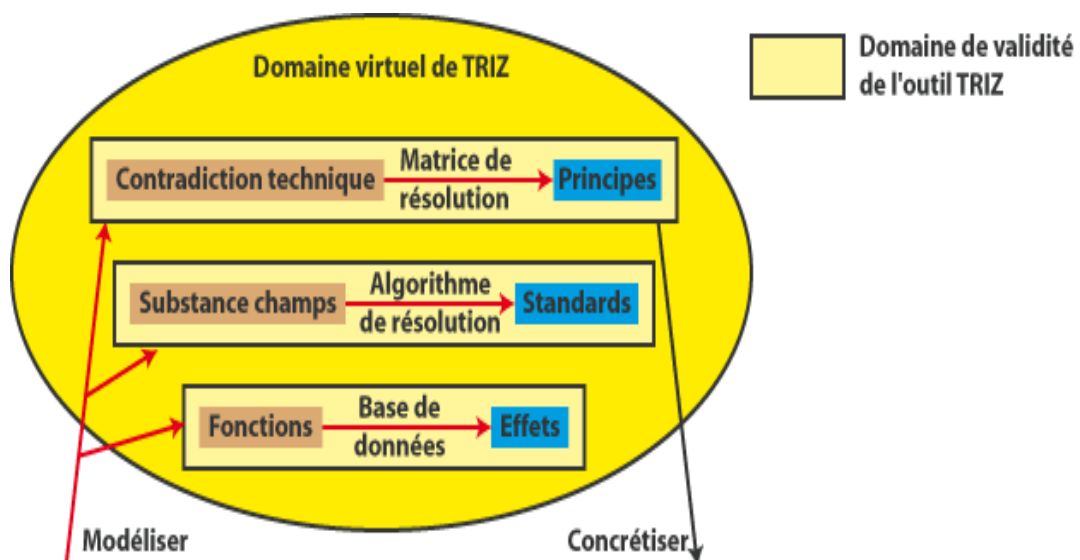


Schéma 2 : Récapitulatif de la démarche et de quelques outils de TRIZ

Mais comment appliquer cette théorie TRIZ pour analyser et résoudre les problèmes de système de collecte de l'eau pour l'irrigation de complément ?

CHAPITRE III : APPLICATION DE LA THEORIE TRIZ A LA CONCEPTION D'UN SYSTEME DE COLLECTE DE L'EAU POUR L'IRRIGATION DE COMPLEMENT

L'application cette méthode à la conception d'un système de collecte de l'eau pour l'irrigation de complément tire son fondement des conclusions issues de l'inventaire des bassins réalisés et des moyens d'exhaure, afin de corriger les insuffisances relevées en ce concerne non seulement la forme et l'occupation spatiale des bassins ainsi que le coût que engendrent leur réalisation . Aussi, dans l'optique de concevoir à travers cette méthode, un modèle de bassin, un moyen d'exhaure d'eau qui répondent aux aspirations du producteur et qui soient à moindre coût.

3-1 Résolution sans compromis des problèmes de contradictions :

Les problèmes inventifs nécessitent en général de résoudre une contradiction entre deux(2) éléments antagonistes d'un système quant à leurs effets. Les solutions les plus innovantes sont celles qui ne se contentent pas de faire un compromis entre ces paramètres mais les éliminent ou les contournent et tout système conçu sans en tenir compte est voué à l'échec « Cavalucci ». D'ailleurs, selon Cavalucci pour les contradictions techniques, l'amélioration d'un élément (une pièce) ou d'un paramètre entraîne la dégradation d'un autre. (Cavalucci and Mutel, 1999) qui ont travaillé sur la conception d'équipements basée sur les concepts et techniques de la méthode TRIZ, ont montré que la démarche de conception inclut une étape supplémentaire de résolution de conflits qui n'est autre qu'une façon de formuler un problème :

1. formalisation du besoin,
2. recherche d'idées,
3. résolution des conflits (entre les éléments du problème),
4. définition de l'équipement (dessins),
5. prototypage,
6. essais,
7. industrialisation.

Ainsi, l'analyse qui se dégage de ces bassins et des moyens d'exhaure a permis de choisir des paramètres du bassin sur lesquels il faut accentuer ou modifier pour améliorer les paramètres du bassin à concevoir. L'amélioration de ces paramètres va entraîner inévitablement la dégradation d'autres paramètres. Ces derniers sont encore appelés paramètres ou caractéristiques qui se dégradent ou qui se conservent.

3-2 Contexte ou Problématique

- Les problèmes qui se dégagent du souci de concevoir un bassin adapté sont essentiellement de :
 - Trouver une forme de bassin adaptée au contexte,
 - Conserver ou augmenter le volume du bassin tout en réduisant la surface qu'occupe leur implantation.
- La contrainte qui se dégage du souci d'identifier un type de matériau pour imperméabiliser le bassin :
 - Assurer l'étanchéité du bassin à l'aide de matériaux à moindre coût,
- Les difficultés qui se dégagent du souci d'identifier un moyen d'exhaure d'eau sont essentiellement de :
 - Trouver un moyen d'exhaure d'eau disposant d'une puissance suffisante pour transiter un débit moyen (pour couvrir les besoins en eau des cultures) et qui soit à moindre coût.

La résolution de ces types de problèmes techniques ne se fait pas directement ou automatiquement mais nécessite d'abord la reformulation (modélisation) -des problèmes en modèles de problèmes. Ces modèles de problèmes ainsi formulés sont encore appelés contradictions. De ces contradictions naissent des paramètres dont l'amélioration des uns va entraîner la dégradation ou la conservation des autres.

3-3 Modélisation des problèmes techniques du système.

C'est la formulation des contradictions d'où naissent les caractéristiques ou paramètres à prendre en compte dans la conception du bassin, la détermination du type de matériaux à assurer son étanchéité et l'identification du moyen d'exhaure. Ces contradictions se présentent comme suite :

1 - Modèles de problèmes dans la conception du bassin:

- Volume suffisant sans occuper trop d'espace.
- Forme résistante et adaptée.

2-Modèle de problème dans la détermination des matériaux pour assurer l'étanchéité:

- Matériaux fiables et à moindre coût.

3- Modèle de problème dans l'identification du moyen d'exhaure:

- Moyen d'exhaure efficient (productivité) et adapté.

3-3-1 Identification des paramètres à améliorer et ceux qui se dégradent dans la conception du bassin.

Dans ce premier cas, nous cherchons à mettre en place un bassin qui ait « une forme adaptée et résistante ». Le système est le bassin. Le type de problème correspondant dans la matrice TRIZ est le suivant : contradiction entre le paramètre **tenue mécanique**³ (14) et le paramètre **quantité de substance** (26).

Le paramètre à améliorer est « **tenue mécanique** » et celui qui se dégrade est « **Quantité de substance** ».

3-3-1-1- Détermination des principes de résolution

Une lecture croisée de cette contradiction « améliorer la **tenue mécanique** (14) et dégrader **quantité de substance** (26) » dans la matrice de TRIZ **annexe 4** nous donne les principes de résolution suivants : L'action préalable (10), Le changement d'état physique et chimique d'un objet (35), La reconception (28), L'extraction (2), L'éphémère et l'économie (27), L'action partielle ou excessive (16), La segmentation (1), La vibration mécanique (18), Le rejet et la régénération (34), La qualité locale (3), L'environnement inerte (39), les matériaux composites (40), la combinaison (5), Les matériaux poreux (31), L'utilisation des changements de phase (36), L'intermédiaire (24), Le système hydraulique ou pneumatique (29), L'action périodique (19), L'inversion (13), L'universalité (6), Le degré de dynamisme (15), L'accélération (21), Le contre poids (8), L'homogénéité (33), la continuité dans l'action utile (20), l'oxydation (38), La shéricité (14).

³ Tenue mécanique : l'état, qualité de robustesse, la durabilité et l'aptitude à résister aux sollicitations.
Quantité de substance : quantité de matières, dépenses matérielles émanant d'un système.

Les principes de résolutions proposés dans cette contradiction sont nombreux. Cependant tous ne nous oriente pas vers le choix du type de bassin approprié.

Les 39 paramètres et les 40 principes de résolution proposés étant issus d'analyse de centaines de milliers de brevets de domaines scientifiques différents, ils ont été formulés avec des termes généraux. Leur application dans le contexte d'un problème, un contexte spécifique nécessite de les comprendre et de savoir les transposer (la liste complète des paramètres est représentée à l'**annexe n°2** et des principes de résolution sont données à l'**annexe n° 3**).

Ainsi, les principes de résolution qui pourraient nous orienter vers la conception de notre bassin sont les suivants :

Principe de résolution 16 (L'action partielle ou excessive)

S'il est difficile d'obtenir 100 % de l'effet nécessaire, il faut chercher à en obtenir un peu moins ou un peu plus : le problème deviendra considérablement plus simple.

Principe de résolution 2 (L'Extraction) :

- Extraire (enlever ou séparer) de l'objet une partie ou propriété inutile.
- Extraire seulement la partie ou la propriété nécessaire .Ce principe est donné en **annexe 7**.

Principe de résolution 14 (La Sphéricité) :

- Remplacer des parties linéaires par des parties courbes, des surfaces planes par des surfaces sphériques; remplacer des formes cubiques et parallélépipédiques par des formes sphériques.
- Utiliser des rouleaux, des sphères des spirales.
- Remplacer un mouvement de translation par un mouvement de rotation; utiliser la force centrifuge. Ce principe est représenté en **annexe 8**)

Principe de résolution 6 (L'universalité)

- Faire en sorte que l'objet remplisse plusieurs fonctions, de façon à éliminer la nécessité d'autres objets (voir **annexe 9**)

Principe de résolution 16 (L'action partielle ou excessive)

- S'il est difficile d'obtenir 100 % de l'effet nécessaire, il faut chercher à en obtenir un peu moins ou un peu plus : le problème deviendra considérablement plus simple.

Principe de résolution 27 (L'éphémère bon marché)

- Remplacer un objet cher par un ensemble d'autres bons marchés, en renonçant à certaines de ses propriétés (comme la longévité). (**Annexe 10**)

3-3-2 Identification des paramètres à améliorer et ceux qui se dégradent dans détermination du type de matériaux à assurer l'étanchéité.

Dans cette second cas, nous souhaitons déterminer le type de matériaux accessibles à moindre coût à même d'assurer de manière fiable l'étanchéité du bassin.

Le système est le matériau pour imperméabiliser le bassin. Le type de problème correspondant dans la matrice TRIZ est le suivant : contradiction entre le paramètre **durée d'action d'un objet immobile (16)** et le paramètre **quantité de substance (26)**.

Le paramètre à améliorer est « **durée d'action d'un objet immobile** » et celui qui se dégrade est « **Quantité de substance** ».

3-3-2-1 Détermination des principes de résolution

Une lecture croisée de cette contradiction « améliorer la **durée d'action d'un objet immobile**⁴ (16) et dégrader **quantité de substance (26)** » en suivant les différentes étapes, dans la matrice de TRIZ **annexe 5** nous donne les principes de résolution :

Le changement d'état physique et chimique d'un objet (35), La reconception (28), L'extraction (2), la prévention (11), L'éphémère et l'économie (27), L'action partielle ou excessive (16), La segmentation (1), La vibration mécanique (18), Le rejet et la régénération (34), La qualité locale (3), L'environnement inerte (39), les matériaux composites (40), la combinaison (5), L'utilisation des changements de phase (36), L'intermédiaire (24), Le système hydraulique ou pneumatique (29), L'inversion (13), Le degré de dynamisme (15), Le contre poids (8), La shéricité (14).

Tous les principes suscités n'interviennent pas dans le choix du matériau pour imperméabiliser le bassin. Cela s'explique par le fait que chaque principe de résolution proposé à un sens qui lui est propre dans la théorie TRIZ. Aussi, chaque principe de résolution est applicable à un domaine spécifique.

⁴ Durée d'action d'un objet immobile : temps durant lequel un objet immobile réalise son action sans défaillir

Une lecture de ces principes de résolution, nous permet de retenir les principes ci-après comme étant ceux qui pourraient nous guider vers l'identification du type de matériau pouvant servir à assurer à moindre coût l'étanchéité du bassin:

Principe de résolution 3 (La qualité locale) :

- Passer d'une structure homogène d'un objet (ou de l'environnement ou d'une action extérieure) vers une structure hétérogène.
- Faire en sorte que différentes parties de l'objet aient (réalisent) différentes fonctions.
- Placer chaque partie de l'objet sous les conditions les plus favorables pour l'opération qu'elle effectue. Ce principe est en **annexe 12)**

Principe de résolution 40 (Les matériaux composites) :

- A- remplacer les matériaux homogènes par des composites (mélange de matériaux)
(Voir Annexe 11)

Principe de résolution 33 (L'homogénéité) :

- Fabriquer les objets interagissant avec l'objet donné en un matériau identique ou proche de ce dernier du point de vue de ses caractéristiques. Ce principe de résolution est donné en annexe 14).

Principe de résolution 5 (La combinaison) :

- Combiner des objets homogènes ou des objets destinés à des opérations contiguës.
- Combiner dans le temps des opérations homogènes ou contiguës.

Principe de résolution 27 (Objet éphémère et bon marché) :

- Remplacer un objet cher par un ensemble d'autres bons marchés, en renonçant à certaines de ses propriétés (comme la longévité)

Principe de résolution 6 (l'universalité) :

- Faire en sorte que l'objet remplisse plusieurs fonctions, de façon à éliminer la nécessité d'autres objets.

Principe de résolution 40 (Matériaux composites) :

- A- remplacer les matériaux homogènes par des composites (mélange de matériaux).

3-3-3 Identification des paramètres à améliorer et ceux qui se dégradent dans détermination du type de moyen d'exhaure.

Dans ce troisième cas, nous cherchons à identifier un moyen d'exhaure efficace et efficient et à moindre coût.

Le système est moyen d'exhaure. Le type de problème correspondant dans la matrice TRIZ est le suivant : contradiction entre le paramètre **productivité⁵ (39)** et le paramètre **énergie dépensée par l'objet immobile⁶ (20)**

Le paramètre à améliorer est «**productivité** »et celui qui se dégrade est « **énergie dépensée par l'objet immobile** ».

3-3-3-1- Détermination des principes de résolution

Une lecture croisée de cette contradiction « améliorer la **Productivité (39)** et dégrader **énergie dépensée par l'objet immobile (20)** » en suivant les différentes étapes dans la matrice de TRIZ **annexe 7** nous donne les principes de résolution : L'action partielle ou excessive (16),L'éphémère et l'économie (27),La vibration mécanique (18), L'oxydation (38).

Une lecture de ces principes de résolution proposés nous permet de retenir les principes qui pourraient nous orienter vers le choix du moyen d'exhaure :

Principe de résolution 16 (L'action partielle ou excessive)

- S'il est difficile d'obtenir 100 % de l'effet nécessaire, il faut chercher à en obtenir un peu moins ou un peu plus : le problème deviendra considérable ou vibrer un objet..

Principe de résolution 27 (Objet éphémère et bon marché)

- Remplacer un objet cher par un ensemble d'autres bons marchés, en renonçant à certaines de ses propriétés (comme la longévité)

Le principe de résolution18 (La vibration mécanique)

- Si l'oscillation existe, accroître sa fréquence (jusqu'à l'ultrason).

⁵ Productivité : temps nécessaire à la réalisation des fonctions (nombre de livrables par unité de temps)

- Utiliser la fréquence de résonance de l'objet.
- Utiliser des vibreurs piézo-électriques (au lieu de mécaniques).
- Utiliser les vibrations ultrasoniques combinées à des champs électromagnétiques

Une analyse des différents principes de résolution qui ont été retenus dans le cadre de la conception du bassin, de la détermination du type de matériau pour assurer son étanchéité et de l'identification du moyen d'exhaure nous permettrait de définir le type de système à mettre en place.

CHAPITRE IV : ANALYSE DES PRINCIPES DE RESOLUTION

Les principes analysés sont ceux qui pourraient nous orienter vers la conception de la citerne, à la détermination des matériaux pouvant servir à assurer l'étanchéité du bassin et à l'identification du type de moyen d'exhaure.

4-1-Analyse des principes de résolution dans la conception du bassin

Le principe de résolution 2 (Extraction), suggère de séparer de l'objet une partie (ou propriété) *perturbatrice* ou, au contraire, extraire seulement une partie (ou propriété) nécessaire. Ce principe nous orienterait vers l'excavation du bassin. Cependant il ne précise pas le modèle du bassin.

Le principe de résolution 14 (Sphéricité) nous suggère de remplacer des parties linéaires par les courbes, les surfaces planes par des surfaces sphériques, les formes parallélépipédiques par des formes sphériques des parties linéaires par les courbes, les surfaces planes par des surfaces sphériques et de remplacer les translations par des rotations ; d'utiliser la force centrifuge.

Ce principe de résolution pourrait nous guider vers l'excavation d'un bassin qui pourrait avoir une forme de cône, de tronc de cône, circulaire ou cylindrique.

Le choix d'une de ces formes tiendra compte de la forme ayant la plus petite surface à construire qui serait du même coût le moins coûteux.

Le principe de résolution 16 (L'action partielle ou excessive) propose, qu'au cas où il est difficile d'obtenir 100 % de l'effet nécessaire, il faut chercher à en obtenir un peu moins ou un peu plus : le problème deviendra considérablement plus simple. C'est la justification que malgré l'imperméabilisation, toute la quantité d'eau retenue ne peut être conservée. D'où la nécessité de concevoir un bassin en tenant compte des pertes d'eau dues à l'infiltration et à l'évaporation pour avoir la quantité d'eau suffisante pour couvrir les besoins de la plante, pourrait nous dire ce principe.

Le principe de résolution 6 (L'universalité) nous oriente à faire de sorte que l'objet remplisse plusieurs fonctions, de façon à éliminer la nécessité d'autres objets. Ainsi, ce principe de

résolution nous oriente à envisager d'autres possibilités d'usages du bassin en dehors de son rôle primaire (stockage de l'eau de ruissellement pour l'irrigation de complément).

Alors, le bassin à concevoir, au delà de sa fonction primaire pourra servir à d'autres activités agricoles (maraîchage, conservation des résidus de récoltes, séchage des récoltes etc).

Le principe de résolution 27 (L'éphémère et l'économie) nous suggère de remplacer un objet cher par un ensemble d'objets bon marché, en renonçant à certaines qualités (comme la durée de l'action par exemple).

De cette analyse, ce principe de résolution nous guiderait vers le choix d'un ensemble de matériaux bon marché pour la construction de la citerne, afin de réduire considérablement son coût de réalisation.

4-2 Analyse des principes dans la détermination du type de matériaux à assurer l'étanchéité.

Le principe de résolution²⁴⁰ (Matériaux composites) propose de remplacer les matériaux homogènes par des composites (mélange de matériaux).

Ces matériaux pourraient être par exemple la superposition de couches de ciment, d'argile et polyéthylène. Par souci de coût de réalisation comme le suggère le **principe de résolution 27**, notre choix porterait sur les matériaux locaux (l'argile). Cette argile que nous envisageons utiliser sert généralement à imperméabiliser la digue de certains barrages en terre et dans la fabrication des objets d'arts. Le polyéthylène sera placé entre deux couches d'argile pour constituer ainsi une sorte de composite. Pour consolider sa résistance, l'argile pourrait être additionnée à des composantes liquides comme les résidus de beurre de karité ou de l'huile de vidange.

Le principe résolution de 27 (Objet éphémère et bon marché) nous suggère de remplacer un objet cher par un ensemble d'autres bons marchés, en renonçant à certaines de ses propriétés (comme la longévité). C'est le fondement de l'utilisation des matériaux (polyéthylène, d'argile) pour assurer l'étanchéité du bassin, afin de répondre à ce principe de résolution.

Le principe de résolution de 6 (l'universalité), suggère de faire en sorte que l'objet remplisse plusieurs fonctions, de façon à éliminer la nécessité d'autres objets. En effet, l'argile utilisée pour imperméabiliser le bassin pourrait également être utilisée à la place du

ciment pour maçonner le perré. Le polyéthylène servirait également à étaler les récoltes à sécher.

4-3 Analyse des principes dans la détermination du type de moyen d'exhaure

Le principe de résolution 16 (L'action partielle ou excessive) nous suggère « S'il est difficile d'obtenir 100% de l'effet nécessaire, il faut chercher à en obtenir un peu moins ou un peu plus : le problème deviendra considérablement plus simple ».

Ce principe de résolution pourrait nous orienter vers le choix d'un moyen d'exhaure qui puisse fonctionner en sorte à fournir un effet à 100% ou un peu moins pour simplifier considérablement le problème. Ce qui nous guiderait également vers le choix d'une source d'énergie à mesure d'alimenter de façon continue et maximale notre moyen d'exhaure. Ce moyen d'exhaure pourrait être une pompe à source d'énergie solaire ou alimenté par du carburant ou à batterie etc.

Le principe de résolution 18 (La vibration mécanique) suggère de faire osciller ou vibrer un objet (si l'oscillation existe accroître sa fréquence jusqu'à l'ultrason), d'utiliser la fréquence de raisonnement de l'objet, d'utiliser les vibreurs piézo-électriques (au lieu de mécaniques) et les vibrations ultrasoniques combinées à des champs électromagnétiques (mélange d'alliage dans un four industriel).

Les ultrasons sont des vibrations mécaniques semblables à celles produites par n'importe quel instrument de musique.

Le convertisseur piézo-électrique (ou transducteur) transforme les Hertz électriques en vibrations mécaniques de même fréquence. L'énergie devient alors mécanique.

Ce principe de résolution ne nous permet pas de spécifier le choix du moyen d'exhaure.

Principe de résolution 27 (L'éphémère et l'économie) nous suggère de remplacer un objet cher par un ensemble d'objets bon marché, en renonçant à certaines qualités (comme la durée de l'action par exemple). Ainsi, le coût d'investissement que requiert le moyen d'exhaure reste le déterminant pour le choix de la pompe. Le moyen d'exhaure serait celui qui est le moins onéreux mais qui pourrait assurer l'irrigation de complément.

4-4 – Synthèse des résultats

4-4-1 Forme

Le bassin prendra la forme pour laquelle le coût de réalisation serait le moindre . Cette forme est le résultat d'une analyse et d'une application des différents principes issus de la lecture des contradictions dans la matrice TRIZ.

4-4-2 Protection du bassin

- **L'intérieur du bassin**

L'infiltration constitue un élément essentiel de la perte d'une quantité de l'eau stockée. Pour y remédier, le fond du bassin devra être protégé par du polyéthylène enchevêtré entre deux couches d'argile.

Ce type d'argile qui est utilisée dans la poterie et pour assurer l'étanchéité des digues de certains barrages en terre sera additionnée à des résidus de beurre de karité ou de l'huile de vidange ou tout autre composé qui pourrait augmenter la cohésion de ses particules et la rendre plus résistante.

4-4-3 Moyen d'exhaure

Le moyen d'exhaure identifié pourrait être une pompe à faible coût (pompe vide-cale). Celle à choisir doit être à mesure de fournir une puissance, une HMT et un débit nécessaire pour couvrir les besoins journalier en eau des cultures et être à un coût abordable.

4-5 Conclusion partielle

L'application de la théorie TRIZ a permis la modélisation des problèmes issus de l'inventaire des bassins existants et des moyens d'exhaure, en modèles de problèmes génériques (contradictions), de rechercher de solutions génériques correspondantes que sont les principes de résolution grâce à la lecture de ces contradictions dans la matrice TRIZ.

L'analyse de ces principes de résolution nous a guidé vers le choix d'un système qui aurait le coût de réalisation le moindre. Ce système se compose d'un bassin, dont l'étanchéité serait assurée par des composites (polyéthylène placé entre deux couches d'argile additionnée de résidus de beurre de karité, d'huile de vidange) en vue de réduire de façon considérable son coût de réalisation.

Le moyen d'exhaure identifié pour le transfert d'eau vers le périmètre serait une pompe à moindre coût (pompe vide cal par exemple).

❖ Avantages du système

Le type de bassin que propose TRIZ est moins coûteux car sa réalisation nécessite des matériaux locaux.

Aussi, la disponibilité et l'accessibilité des matériaux locaux (argile, polyéthylène) pour assurer son étanchéité réduisent considérablement son coût de réalisation.

Le moyen d'exhaure proposé pour le transfert de l'eau de la citerne vers le périmètre est une pompe moins onéreuse (pompe vide- cale)

Ce moyen d'exhaure permet de gagner également en temps comparativement à d'autres types de moyen d'exhaure comme l'arrosoir et les pompes à motricité humaine ou animale.

V - CONCLUSION

La théorie TRIZ est une théorie qui va puiser des idées existantes dans des bases de données qui est la matrice TRIZ : les solutions générées sont toutes basées sur des idées bien connues.

L'application de la méthode pose cependant deux difficultés :

- il est souvent difficile de cerner précisément à quel niveau limiter l'analyse;
- chaque modèle a son domaine de prédilection, et il n'est pas toujours évident de choisir le modèle le mieux adapté.

Par contre, la manière de modéliser chaque problème spécifique en un problème générique, qui correspond au caractère ou paramètre, permet de trouver dans les bases de données que sont les principes de la matrice, un grand nombre d'idées qui n'auraient sûrement pas été proposées hors du cadre de la théorie TRIZ. La théorie TRIZ apporte réellement un plus en termes de pluridisciplinarité dans le choix de solutions. Elle permet, dans de nombreux cas, de déclencher une réflexion sur des solutions alternatives lors de situations *a priori* insolubles dans le cadre du savoir-faire d'une entreprise ou d'une organisation agricole.

L'application de cette théorie à l'irrigation de complément dans le souci de concevoir un bassin et identifier un moyen d'exhaure adaptés au contexte de la zone sahélienne nous n'en dit pas moins. En effet, elle nous a permis de déterminer des paramètres, à travers un diagnostic des bassins existant et en voie de réalisation puis des moyens d'exhaure, d'identifier les paramètres à améliorer et ceux qui se dégradent. Une lecture croisée ces paramètres dans la matrice de contradictions de TRIZ a donné les principes de résolution. L'analyse de ces principes de résolution nous a orienté vers le modèle de bassin à choisir **qui serait celui le moins coûteux**. Le type de matériaux identifiés pour assurer l'étanchéité du bassin est un composite (matériaux constitués d'argile+résidu+polyéthylène) et moyen d'exhaure d'eau approprié pourrait être une pompe (batterie, photovoltaïque ou à carburant).

Ces solutions à petites échelles ont montré qu'elles pouvaient être économiquement rentables. Installées en grand nombre, elles peuvent relancer la production agricole. C'est pourquoi la diffusion à grande échelle de ces technologies est essentielle. Ces *Technologies créatives*

nous aident immédiatement à attaquer de front la pauvreté en augmentation de façon substantielle les productions agricoles.

Les solutions aux problèmes de l'irrigation pourraient venir de la théorie TRIZ et il serait possible pourquoi pas de l'appliquer à la résolution des problèmes de l'irrigation de complément liés au choix de la spéculation ou la variété la plus économiquement rentable.

VI- RECOMMANDATIONS

A l'issu de cette étude, quelques recommandations permettront la mise en œuvre du système conçu et son entretien pour que les exploitants en zone sahélienne soient moins vulnérables aux changements climatiques. Les recommandations que nous avons faites s'articulent autour de la protection de la retenue, de la technique d'irrigation de complément et des opérations culturales.

6-1 Protection du bassin

a- L'extérieur du bassin

La détermination d'une forme de bassin adapté pour l'irrigation de complément est nécessaire vu que les surfaces cultivables ne sont pas extensibles. La protection de son extérieur joue également un rôle fondamental dans la durée de la retenue. A cet effet, nous suggérons qu'un revêtement soit posé en dessous du Terrain Naturel (TN) puis remblayé ensuite par du sable et des congglomérats jusqu'au TN. Ces congglomérats joueront le rôle de filtre pour l'eau de ruissellement en empêchant le passage des déchets dans le bassin (branches d'arbre, plastiques etc.).

b- Clôture du bassin :

Le bassin a réalisé peut constituer un danger aussi bien pour les hommes que pour les animaux s'il n'est pas remarquable et perceptible à longue distance. Pour ce faire, il est important de planter à défaut du pourtour de toute la parcelle, une haie vive autour du bassin au lieu du grillage très onéreux, qui nécessite au bout d'un certain nombre d'années un renouvellement et qui de plus n'est pas répulsif aux prédateurs des cultures.

c- Entretien du bassin

Le bassin conçu pour l'irrigation de complément doit être entretenu régulièrement pour éviter l'encombrement de ce dernier par les dépôts solides.

Il est également possible d'avoir des fissures dans les parois ou le fond du bassin. Il est donc important de vérifier l'état du bassin avant le début de la saison pluvieuse. Ces entretiens peuvent prolonger la durée de vie du bassin et limiter l'infiltration au niveau du bassin.

6-3 Technique d'irrigation de complément et des opérations culturales

Le succès du système d'irrigation de complément mis en place dépend de plusieurs paramètres dont la technique d'irrigation et des techniques culturales.

a) Choix de la technique d'irrigation

Pour choisir la technique d'irrigation, nous avons tenu compte d'un certain nombre de paramètres. En effet, la technique d'irrigation doit être à la portée d'un paysan car nous cherchons à minimiser le coût total de l'irrigation de complément. Elle doit être facile à mettre en œuvre et intégrer l'habitude des paysans (les types d'irrigation déjà expérimentés dans la zone) ; elle doit enfin favoriser une production de qualité en quantité suffisante. Ainsi, en tenant compte de paramètres ci-dessus, nous optons pour une irrigation gravitaire à la raie. L'arrosage à la raie consiste à amener l'eau à la plante par une série plus ou moins dense (espacement d'environ 0.75 à 1 m) de petits fossés à ciel ouvert à pente faible mais régulière. L'eau s'infiltre en tous sens (verticalement et latéralement). L'arrosage à la raie est adapté à toutes les cultures de céréales.

Les raies sont tracées suivant la ligne de plus grande pente du terrain pour des pentes $< 2\%$. Pour des pentes $> 2\%$, les raies sont orientées transversalement à la ligne de plus grande pente. La forme des sections des raies peut être triangulaire, trapézoïdale ou parabolique avec une largeur en gueule 25 à 40 cm et une profondeur de 15 à 20 cm.

b) Changement des techniques culturales

Un moyen d'atténuer les impacts de la sécheresse consiste à modifier les techniques culturales. Les changements de systèmes de culture constituent un des facteurs d'adaptation de l'agriculture au changement climatique (IPCC, 2007). Les variétés de céréales choisies doivent avoir les caractéristiques suivantes :

- La durée du cycle végétatif ne doit pas dépasser la durée de la campagne agricole ; elle est souvent comprise entre 90 et 100 jours
- Variétés vigoureuses : cela permet de se prémunir des attaques des parasites (limace, mouche... Etc.)

- Les amendements humifères doivent occuper une grande place dans la fertilisation, pour améliorer la structure des sols et apporter les éléments minéraux nécessaires à une bonne croissance des plantes.

BIBLIOGRAPHIE

Altshuller Guenrich (2004), Principes d'innovation TRIZ pour toutes applications Traduction et Edition, Avraam Seredinski, 130 pages.

Totobesola Barbier Mireille (2008), Développement d'un outil d'aide à la créativité basé sur la connaissance pour la recherche de principes de solutions en conception d'équipements agroalimentaires (APSETA) en Afrique de l'Ouest, thèse pour obtenir le grade de DOCTEUR DE L'UNIVERSITE MONTPELLIER II, 150 pages pp39-46.

Sewa Da silveira, Sévère Fossi, Manguilibé Ality (2012), rapport CRDI, 12 pages

Coulbaly Yézuma (2006), Atelier de Montpellier sur la TRIZ, rapport 3pages.

Roger Jimmy, Djiko Thomas, Shiller Eric, Bocar Sy Sada (2001), Le pompage photovoltaïque : manuel de cours à l'intention des Ingénieurs et des techniciens, IEPFL, université d'Ottawa /EIER/CREPA, sous la direction de Eric Shiller, 160 pages.

Savi Nadège (2012), Adoption et impacts de l'irrigation de complément en zone sahéenne : modélisation bioéconomique d'une exploitation agricole à Kongoussi, 65 pages, pp 34-37

Kombé Ibey Wilfred (2011), Apport d'un système géographique à l'identification des sites favorables à l'irrigation de complément : cas du bassin versant de Tougou au Burkina Faso, mémoire, 67 pages, pp 17-48.

Doamba Pawendtaoré (2011), Etude de l'impact du manque d'eau sur la production céréalière (maïs) au Sahel, rapport, 28 pages.

Keita Amadou (2009), Management des périmètres irrigués et analyse diagnostic, cours, 70 pages, pp 17-20.

Siteweb:www.rainwaterarvesting.drg

www.time-to-innovate.com

www.emas-international.de

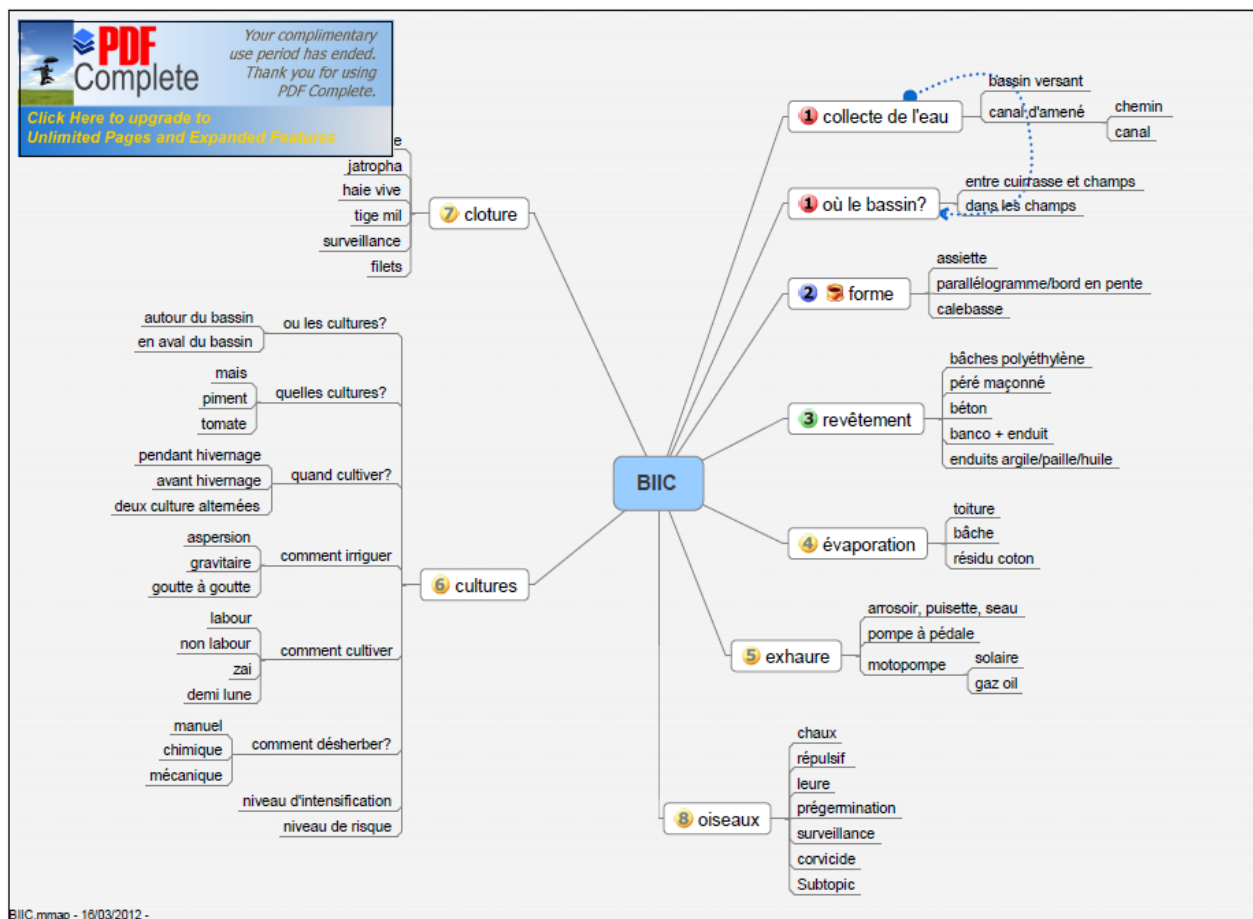
ANNEXES

ANNEXE 1 : Légende détaillée de la figure 3 (la pédologie de Kongoussi)

Type de sol	Nombre	Groupe	Sous-groupe	Matériaux	Classe	Couleur
401-402	86	Sol d'érosion	lithosols	Sur cuirasses ferrugineuses / sur roches diverses	Sols minéraux brutes	
403-405	21	Sol d'érosion	régiques	sur matériau gravillonnaire	Sols Peu Évolués	
406-420	2	sols bruns eutrophes trop	vertiques	sur matériau argileux, parfois gravileux issu de roches basiques	Sols à Mull	
421-430	3	non ou peu lessivés	peu lessivés_à drainage interne limité en profondeur	sur sables éoliens (erg ancien)	Sols Fersiallitiques	
436	2	lessivés (ou appauvris)	lessivés_à taches et concrétions	sur matériau argilo-sableux		
437-445	13	peu humifères a Pseudogley	à taches et concrétions_faciès structuré	sur matériau argilo-sableux à argileux issu de schistes argileux (Birrimien) ou de matériau d'altération ancien	Sols Hydromorphes	

Annexe 2 : les contraintes liées à l'irrigation de complément

Source : Bruno BARBIER



ANNEXE 2

Les 39 paramètres identifiés pouvant entrer en contradiction sont les suivants :

- 01 - masse de l'objet mobile
- 02 - masse de l'objet statique
- 03 - longueur de l'objet mobile
- 04 - longueur de l'objet statique
- 05 - surface de l'objet mobile
- 06 - surface de l'objet statique
- 07 - volume de l'objet mobile
- 08 - volume de l'objet statique
- 09 - vitesse
- 10 - force
- 11 - tension, pression
- 12 - forme
- 13 - stabilité
- 14 – tenue mécanique
- 15 - durabilité de l'objet mobile
- 16 – durée d'action d'un objet immobile
- 17 - température
- 18 - brillance
- 19 - énergie de déplacement par rapport à l'objet mobile
- 20 - énergie dépensée par l'objet immobile
- 21 - puissance
- 22 - perte d'énergie
- 23 - perte de substance
- 24 - perte d'information
- 25 - perte de temps
- 26 - quantité de substance
- 27 - fiabilité
- 28 - précision de mesurage
- 29 - précision de fabrication
- 30 - facteur néfaste à l'objet
- 31 - facteurs néfastes induits
- 32 - facilité de réalisation
- 33 - facilité d'utilisation
- 34 - réparabilité
- 35 - adaptabilité
- 36 - complexité du produit
- 37 - complexité du pilotage
- 38 - degré d'automatisation
- 39 - productivité

¹ <http://www.triz40.com/?lan=fr>

ANNEXE 3 : *Les 40 principes de résolution identifiés pour les problèmes de contradiction techniques* entre ces paramètres sont les suivants :

- **1) La segmentation**
 - Diviser un objet en parties indépendantes
 - Réaliser un objet démontable (faciliter le démontage)
 - Accroître le degré de segmentation (fragmentation)
- **2) L'extraction**
 - Extraire de l'objet une partie ou une de ses propriétés perturbatrices (enlever ou séparer de l'objet)
 - Extraire ou isoler seulement la propriété ou la partie utile
- **3) La qualité locale**
 - Passer d'une structure homogène d'un objet à une non homogène, ou passer d'un environnement (ou d'une action externe) homogène à un non homogène
 - Faire en sorte que chaque partie de l'objet réalise une fonction différente dans les meilleures conditions possibles
 - Spécialiser les différentes parties d'un objet (faire en sorte que chaque partie remplisse une fonction utile différente)
- **4) L'asymétrie**
 - Remplacer la forme symétrique d'un objet en une forme asymétrique
 - Si l'objet est déjà asymétrique, renforcer son asymétrie
- **5) La combinaison**
 - Grouper ou fusionner les objets identiques ou similaires (homogènes), assembler les parties identiques, destinées à des opérations parallèles ou contiguës
 - Combiner, regrouper dans le temps les opérations homogènes ou contiguës
- **6) L'universalité**
 - Rendre apte une partie de l'objet à réaliser plusieurs fonctions pour remplacer les fonctions des autres parties de l'objet
- **7) Le placement interne (Poupées russes)**
 - Placer successivement les objets les uns dans les autres
 - Emboîter une partie de l'objet dans une partie creuse de l'autre
- **8) Le contrepoids**
 - Compenser la masse d'un objet par combinaison avec un ou d'autres objets possédant une force ascensionnelle
 - Compenser la masse d'un objet grâce à des interactions avec l'environnement (force aérodynamique, hydrodynamique, de flottabilité,)
- **9) L'action inverse antérieure**
 - S'il est nécessaire d'effectuer une action qui engendrera des effets utiles et nuisibles, procéder à une action préventive pour contrôler les effets nuisibles
 - Si un objet doit supporter en fonctionnement des tensions indésirables mais connues, le soumettre à une tension préalable contraire.
- **10) L'action préalable**
 - Réaliser un changement requis plus tard, entièrement ou partiellement, avant qu'il ne soit nécessaire
 - Pré positionner les objets pour qu'ils entrent en action efficacement et sans perte de temps

- **11) La compensation**
 - Compenser le manque de fiabilité relative d'un objet par des mesures préventives
- **12) L'équipotentialité**
 - Dans un champ potentiel, limiter les possibilités de changer de position / Changer les conditions de travail pour éviter de devoir lever ou baisser un objet dans le champ gravitationnel
- **13) L'inversion**
 - Inverser l'action utilisée normalement pour résoudre le problème
 - Rendre fixes les pièces mobiles (ou l'environnement externe) et mobiles les parties fixes
 - Retourner l'objet ou inverser le processus
- **14) La sphéricité**
 - Remplacer les droites par des courbes, les plans par des hémisphères, les cubes par des sphères, ...
 - Utiliser des rouleaux, sphères, spirales, voûtes
 - Remplacer les translations par des rotations, utiliser les forces centrifuges ...
- **15) Le degré de dynamisme**
 - Permettre ou prévoir l'ajustement des caractéristiques d'un objet (d'un processus, ou de l'environnement) pour rendre son action optimale ou pour se placer dans les meilleures conditions opératoires
 - Diviser un objet en éléments pouvant se déplacer les uns par rapport aux autres
 - Rendre flexible ou adaptable l'objet (ou le process) rigide ou non flexible
- **16) Le surplus ou réduction**
 - S'il est difficile d'obtenir le résultat à 100% d'une manière donnée, réaliser partiellement ou à l'excès l'action pourra simplifier considérablement le problème
- **17) Le changement de dimension**
 - Ajouter une dimension : déplacer un objet dans un plan plutôt que suivant une ligne, dans l'espace plutôt que dans un plan
 - Utiliser un assemblage multicouches d'objets plutôt que monocouche
 - Incliner ou réorienter l'objet, le positionner sur un de ses cotés
 - Utiliser une autre face que celle utilisée
 - Utiliser des flux optiques dirigés sur une surface voisine ou sur la face opposée à celle utilisée
- **18) La vibration mécanique**
 - Faire osciller ou vibrer un objet
 - Si l'oscillation existe déjà, augmenter la fréquence (même jusqu'aux ultra sons)
 - Utiliser la fréquence de résonance
 - Remplacer les vibrations mécaniques par des vibrations piézoélectriques
 - Combiner les ultrasons et les champs électromagnétiques
- **19) L'action périodique**
 - Remplacer une action continue par une action périodique ou par une impulsion
 - Si l'action est déjà périodique, modifier sa fréquence ou sa période
 - Utiliser les pauses entre les impulsions pour réaliser une autre action
- **20) L'action d'utilité**
 - Travailler en continu, privilégier les actions ou toutes les parties de l'objet travaillent à plein régime en permanence
 - Éliminer les temps morts, les marches à vide, les actions intermittentes

- **21) L'aléatoire**
 - Conduire le procédé ou certaines de ses étapes (celles néfastes, dangereuses, hasardeuses) à grande vitesse
- **22) La transformation d'un moins en plus**
 - Utiliser les effets nuisibles (notamment ceux de l'environnement) pour obtenir une action positive
 - Éliminer un facteur nuisible en le combinant avec d'autres effets néfastes
 - Amplifier un effet nuisible jusqu'à ce qu'il cesse d'être néfaste
- **23) L'asservissement**
 - Introduire un asservissement (réponse, vérification) pour améliorer un procédé ou une action
 - Si l'asservissement est déjà en place, le modifier (ampleur, influence)
- **24) L'intermédiaire**
 - Utiliser un objet ou procédé intermédiaire pour transmettre l'action
 - Combiner temporairement l'objet à un autre, lequel devra pouvoir être enlevé facilement (réversibilité)
- **25) Le self service**
 - Rendre un objet autonome (y compris auto entretien) en ajoutant des fonctions auxiliaires utiles (réparation, ...)
 - Utiliser des ressources gaspillées ou perdues : énergie, déchets, ...
- **26) La copie**
 - Utiliser des copies simplifiées et bon marché plutôt qu'un objet complexe, cher, fragile
 - Remplacer un objet ou un procédé par leurs copies optiques
 - Si des copies optiques sont déjà utilisées, passer à des copies dans l'infrarouge ou l'ultraviolet
- **27) L'éphémère et l'économique**
 - Remplacer un objet cher par de nombreux objets bon marché, en renonçant à certaines propriétés (comme la durée de vie)
- **28) La reconception**
 - Remplacer un système mécanique par des moyens sensoriels (optique, acoustique, toucher, olfactif)
 - Interagir avec l'objet avec des champs électriques, magnétiques, électromagnétiques
 - Passer de champs statiques (espace ou temps) à des champs mobiles (espaces ou temps), de champs non structurés à des champs structurés
 - Combiner l'utilisation de champs avec l'utilisation de particules activées par un champ (ferromagnétiques notamment)
- **29) Le système hydraulique ou pneumatique**
 - Remplacer les parties solides d'un objet par du gaz ou du liquide : objets gonflables (à air ou eau), coussin d'air, hydrostatiques et hydroréactif.
- **30) La membrane flexible**
 - Remplacer les structures tridimensionnelles par des membranes souples et des films minces
 - Isoler l'objet de son environnement en utilisant des membranes souples ou des films minces
- **31) La porosité du matériau**
 - Rendre un objet poreux ou lui adjoindre des éléments poreux (inserts, revêtement, ..)

- Si l'objet est déjà poreux, remplir les porosités d'une substance utile (ou fonction utile)
- **32) Le changement de couleur**
 - Modifier la couleur d'un objet ou de son environnement
 - Modifier le degré de transparence d'un objet ou de son environnement
 - Utiliser des colorants (additifs) pour observer des objets (processus) difficiles à observer
 - Si de tels additifs sont déjà utilisés, utiliser des atomes repérables
- **33) L'homogénéité**
 - Utiliser le même matériau pour les objets interagissant avec un objet donné (ou des matériaux ayant des propriétés similaires ou proches)
- **34) Le rejet et la régénération**
 - Éliminer (par dissolution, évaporation, ...) les parties de l'objet qui ont fini de remplir leurs fonctions ou les modifier directement pendant l'opération
 - Inversement, régénérer ou récupérer les consommables directement pendant l'opération
- **35) Le changement d'état physique ou chimique d'un objet**
 - Changer de phase (solide, liquide, gazeux)
 - Changer la concentration, la densité ou la consistance
 - Modifier le degré de flexibilité
 - Changer la température
- **36) L'utilisation des changements de phase**
 - Utiliser les phénomènes liés aux changements de phase : changement de volume, création ou perte de chaleur, ...
- **37) L'expansion thermique**
 - Utiliser la dilatation ou la contraction thermique des matériaux
 - Si la dilatation thermique est déjà utilisée, utiliser plusieurs matériaux aux coefficients de dilatation thermique différents
- **38) L'oxydation**
 - Remplacer l'air par de l'air enrichi en oxygène
 - Remplacer l'air enrichi en oxygène par de l'oxygène pur
 - Exposer l'air ou l'oxygène à des radiations ionisantes
 - Utiliser de l'oxygène ionisé
 - Remplacer l'oxygène ionisé (ou ozonisé) par de l'ozone
- **39) L'environnement inerte**
 - Remplacer l'environnement normal par un environnement inerte, réaliser le processus sous vide
 - Ajouter des éléments neutres ou des additifs inertes
- **40) Le matériau composite**
 - Remplacer les matériaux homogènes par des matériaux composites

La matrice des contradictions liste, sur la première ligne, le paramètre qui se dégrade, et sur la première colonne, le paramètre à améliorer. A l'intersection de la ligne et de la colonne se trouvent les principes pouvant être appliqués pour résoudre cette contradiction

ANNEXE 4 : Méthode de détermination des principes de résolution pour la conception du bassin.

Etape 1:

J'aimerais améliorer la résistance d_(EX1) mais je ne sais pas comment.

EX1: expliquez avec un verbe à l'infinitif + un complément.

Exemple: J'aimerais [améliorer la résistance de la table aux charges lourdes] mais je ne sais pas comment.

Etape 2:

tenue mécanique_(PE1) est le paramètre le plus approprié pour évaluer que améliorer la résistance d'un bassin à l'infiltration de l'eau est atteint.

PE1: expliquez par quel paramètre vous allez estimer que améliorer la résistance d'un bassin à l'infiltration de l'eau est atteint.

Exemple: [résistance mécanique] est le paramètre le plus approprié pour évaluer que améliorer la résistance de la table aux charges lourdes est atteint.

Etape 3:

Le moyen le plus évident pour que tenue mécanique évolue dans le sens recherché est que

durée d'action d'un objet_(PA) soit longue_(VA).

PA: expliquer quel paramètre peut vous servir de levier pour que tenue mécanique évolue dans le sens recherché.

VA: définir par un adjectif l'état de durée d'action d'un objet immobile.

Exemple: Le moyen le plus évident pour que résistance mécanique évolue dans le sens recherché est que [épaisseur] soit [épaisse].

Etape 4:

Si durée d'action d'un objet immobile était courte_(VAB) quantité de substance_(PE2) serait le plus positivement impacté.

VAB: définissez avec un adjectif l'état opposé de longue pour durée d'action d'un objet immobile.

PE2: expliquez quel paramètre serait le plus positivement impacté si durée d'action d'un objet immobile était courte.

Exemple: Si épaisseur était [fine] [transportabilité] serait le plus positivement impacté.

Contradiction	durée d'action d'un objet immobile	
	longue	courte
<u>tenue mécanique</u>	😊	😞
<u>quantité de substance</u>	😞	😊

😊 Représente un état satisfaisant.

😞 Représente un état insatisfaisant.

durée d'action d'un objet immobile doit être **longue** pour satisfaire **tenue mécanique** et **courte** pour satisfaire **quantité de substance**.

Sélectionnez la classe appropriée:

Select a class

Choisissez la classe spécifique qui s'applique à votre contradiction

Exemple: Human Necessities

→ Furniture; Domestic Articles Or Appliances; Coffee Mills; Spice Mills; Suction Cleaners In General

→ Tables; Desks; Office Furniture; Cabinets; Drawers; General Details Of Furniture

Matrice TRIZ

Sélectionnez les paramètres génériques de la matrice qui correspondent à aux paramètres de votre contradiction. Vous obtiendrez les principes inventifs qui vous permettront de résoudre votre contradiction.

Exemple: résistance mécanique → 14. Tenue mécanique

transportabilité → 1. Masse d'un objet mobile, 2. Masse d'un objet immobile

quantité de substance →

16. Durée d'action d'un o

Aucun

tenue mécanique ↓

23. Perte de substance

quantité de substance →

tenue mécanique ↓

Aucun

Aucun

Aucun

16. Durée d'action d'un o

23. Perte de substance

Aucun

Aucun

Aucun

Aucun

Principles

- 10. L'action préalable
13.55%
- 35. Le changement d'état physique et chimique d'un objet
12.45%
- 28. La reconception
6.41%
- 2. L'extraction
5.13%
- 27. L'éphémère et l'économie
4.95%
- 16. L'action partielle ou excessive
4.95%
- 1. La segmentation
4.58%
- 18. La vibration mécanique
4.40%
- 34. Le rejet et le régénération
3.66%
- 3. La qualité locale
3.30%
- 39. L'environnement inerte
3.11%
- 40. Les matériaux composites
2.20%
- 5. La combinaison
2.20%
- 31. Le matériau poreux
2.20%
- 36. L'utilisation des changements de phase
2.20%
- 24. L'intermédiaire
2.01%
- 29. Le système hydraulique ou pneumatique

- 19. L'action périodique
1.83%
- 13. L'inversion
1.83%
- 6. L'universalité
1.65%
- 15. Le degré de dynamisme
1.47%
- 21. L'accélération
1.47%
- 8. Le contrepoids
1.28%
- 33. L'homogénéité
1.28%
- 20. La continuité d'une action utile
1.28%
- 38. L'oxydation
1.28%
- 14. La sphéricité
1.10%

/ Jacques O.KISSOU - Master Spécialisé HSI- Mémoire 2012

ANNEXE 5 : Méthode de détermination des principes de résolution pour l'identification de matériaux pour imperméabiliser le bassin.

Etape 1:

J'aimerais améliorer la résistance d_(EX1) mais je ne sais pas comment.

EX1: expliquez avec un verbe à l'infinitif + un complément.

Exemple: J'aimerais [améliorer la résistance de la table aux charges lourdes] mais je ne sais pas comment.

Etape 2:

durée d'action d'un objet_(PE1) est le paramètre le plus approprié pour évaluer que améliorer la résistance du bassin à l'infiltration est atteint.

PE1: expliquez par quel paramètre vous allez estimer que améliorer la résistance du bassin à l'infiltration est atteint.

Exemple: [résistance mécanique] est le paramètre le plus approprié pour évaluer que améliorer la résistance de la table aux charges lourdes est atteint.

Etape 3:

Le moyen le plus évident pour que durée d'action d'un objet immobile évolue dans le sens recherché est que la stabilité de la compos_(PA) soit longue_(VA).

PA: expliquer quel paramètre peut vous servir de levier pour que durée d'action d'un objet immobile évolue dans le sens recherché.

VA: définir par un adjectif l'état de la stabilité de la composition d l'objet.

Exemple: Le moyen le plus évident pour que résistance mécanique évolue dans le sens recherché est que [épaisseur] soit [épaisse].

Etape 4:

Si la stabilité de la composition d l'objet était courte_(VAB) quantité de substance_(PE2) serait le plus positivement impacté.

VAB: définissez avec un adjectif l'état opposé de longue pour la stabilité de la composition d l'objet.

PE2: expliquez quel paramètre serait le plus positivement impacté si la stabilité de la composition d l'objet était courte.

Exemple: Si épaisseur était [fine] [transportabilité] serait le plus positivement impacté.

Contradiction	la stabilité de la composition d l'objet	
	longue	courte
durée d'action d'un objet		
quantité de substance		



Représente un état satisfaisant.



Représente un état insatisfaisant.

la stabilité de la composition d l'objet doit être longue pour satisfaire durée d'action d'un objet immobile et courte pour satisfaire quantité de substance.

Sélectionnez la classe appropriée:

Select a class

Choisissez la classe spécifique qui s'applique à votre contradiction

Exemple: Human Necessities

- Furniture; Domestic Articles Or Appliances; Coffee Mills; Spice Mills; Suction Cleaners In General
- Tables; Desks; Office Furniture; Cabinets; Drawers; General Details Of Furniture

Matrice TRIZ

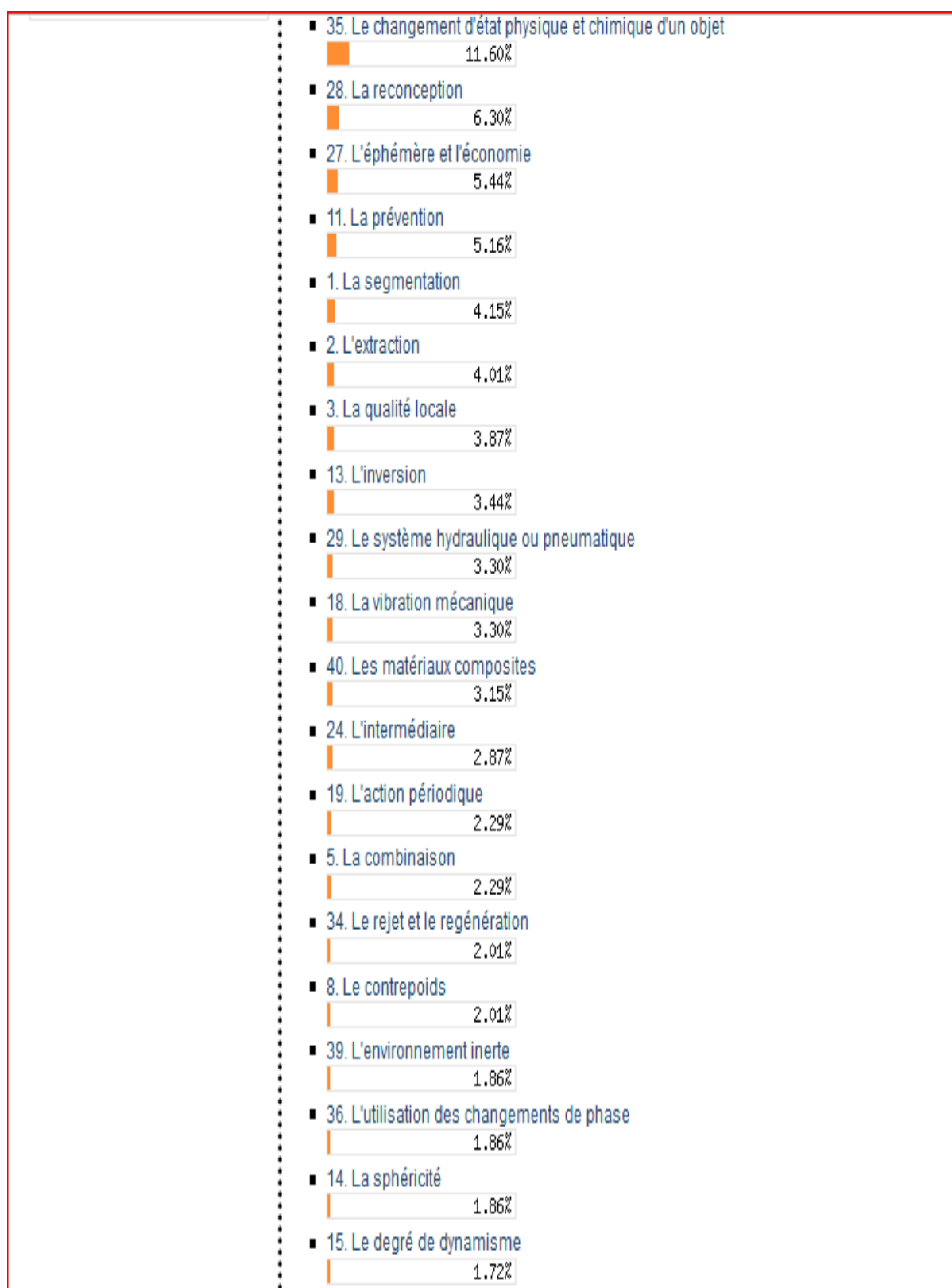
Sélectionnez les paramètres génériques de la matrice qui correspondent à aux paramètres de votre contradiction. Vous obtiendrez les principes inventifs qui vous permettront de résoudre votre contradiction.

Exemple: résistance mécanique → 14. Tenue mécanique

transportabilité → 1. Masse d'un objet mobile, 2. Masse d'un objet immobile

quantité de substance →	23. Perte de substance	Aucun
durée d'action d'un ob ↓	27. Fiabilité	

Aucun	Principes 10. L'action préalable  14.18% 35. Le changement d'état physique et chimique d'un objet  11.60% 28. La reconception  6.30% 27. L'éphémère et l'économie
Aucun	
Aucun	
Aucun	



ANNEXE 6 : Méthode de détermination des principes pour l'identification du moyen d'exhaure.

(Réinitialiser)

Cliquez ici pour définir votre contradiction

Etape 1:

J'aimerais améliorer la fiabilité d'un (EX1) mais je ne sais pas comment.

EX1: expliquez avec un verbe à l'infinitif + un complément.

Exemple: J'aimerais [améliorer la résistance de la table aux charges lourdes] mais je ne sais pas comment.

Etape 2:

productivité (PE1) est le paramètre le plus approprié pour évaluer que améliorer la fiabilité d'un moyen d'exhaure d'eau est atteint.

PE1: expliquez par quel paramètre vous allez estimer que améliorer la fiabilité d'un moyen d'exhaure d'eau est atteint.

Exemple: [résistance mécanique] est le paramètre le plus approprié pour évaluer que améliorer la résistance de la table aux charges lourdes est atteint.

Etape 3:

Le moyen le plus évident pour que productivité évolue dans le sens recherché est que

puissance (PA) soit meilleure (VA).

PA: expliquer quel paramètre peut vous servir de levier pour que productivité évolue dans le sens recherché.

VA: définir par un adjectif l'état de puissance.

Exemple: Le moyen le plus évident pour que résistance mécanique évolue dans le sens recherché est que [épaisseur] soit [épaisse].

Etape 4:

Si puissance était mauvaise (VAB) énergie perdue par l'objet (PE2) serait le plus positivement impacté.

VAB: définissez avec un adjectif l'état opposé de meilleure pour puissance.

PE2: expliquez quel paramètre serait le plus positivement impacté si puissance était mauvaise.

Exemple: Si épaisseur était [fine] [transportabilité] serait le plus positivement impacté.

puissance doit être optimale pour satisfaire la productivité et trop faible pour satisfaire énergie dépensée par l'objet immobile.

Sélectionnez la classe appropriée:

A - Human Necessities ▼

A01 - Agriculture; Forestry ▼

A01B - Soil Working in Agriculture ▼

Choisissez la classe spécifique qui s'applique à votre contradiction

Exemple: Human Necessities

→ Furniture; Domestic Articles Or Appliances; Coffee Mills; Spice Mills; Suction Cleaners In General

→ Tables; Desks; Office Furniture; Cabinets; Drawers; General Details Of Furniture

Matrice TRIZ

Sélectionnez les paramètres génériques de la matrice qui correspondent à aux paramètres de votre contradiction. Vous obtiendrez les principes inventifs qui vous permettront de résoudre votre contradiction.

Exemple: résistance mécanique → 14. Tenue mécanique

transportabilité → 1. Masse d'un objet mobile, 2. Masse d'un objet immobile

énergie dépensée par	→	21. Puissance ▼	16. Durée d'action d'un objet ▼
la productivité	↓	23. Perte de substance ▼	
16. Durée d'action d'un objet ▼		Principes 16. L'action partielle ou excessive 50.00% 27. L'éphémère et l'économie 28.57% 18. La vibration mécanique 14.29% 38. L'oxydation 7.14%	
Aucun ▼			
Aucun ▼			

ANNEXE 7 : Principe de résolution 2 (Extraction)

"Docteur, la dent en bas à gauche me fait mal..."

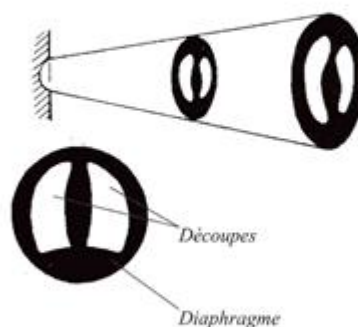
Extraction

02

A

Séparer de l'objet une partie (une propriété) "perturbatrice" ou au contraire, extraire seulement une partie (une propriété) nécessaire.

Par rapport au principe précédent où on a segmenté l'objet en parties égales, ici on segmente l'objet en parties différentes.



Pendant la radiographie des poumons, afin de ne pas toucher d'autres organes, on pose un diaphragme découpé limitant le passage des rayons X.



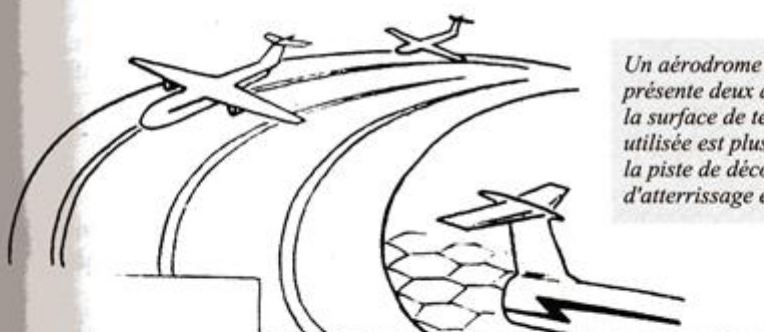
Au lieu de lever toute l'installation d'éclairage en aérostat, on ne lève que le réflecteur. Les lumières restent au sol.

Auparavant, le sauveteur de mines en cas d'incendie, avait besoin de porter un appareil réfrigérant sur son dos. Actuellement, il est placé dans une sorte de valise, et on peut le poser sur le sol.



ANNEXE 8 : Principe de résolution 14 (sphéricité)**Sphéricité****14**

- A** Remplacer les parties linéaires par des parties courbes, les surfaces planes par des surfaces sphéroïdales, les parties cubiques ou en forme de parallélépipède par des formes sphériques.



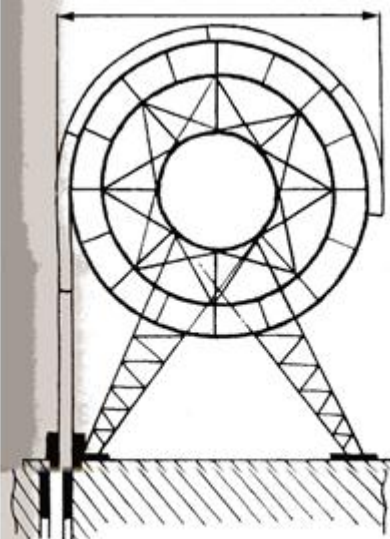
Un aéroport circulaire présente deux avantages : la surface de terrain utilisée est plus petite et la piste de décollage et d'atterrissage est infinie.

- B** Utiliser les rouleaux, les billes, les spirales.

- C** Remplacer la translation par la rotation, utiliser la force centrifuge.



Une charrue tractée munie de roulettes au lieu de lames laboure deux fois plus vite.



Une roue de 80 à 90 mètres de diamètre permet de retirer la tige de perçage six fois plus vite. Il ne faut pas dévisser la tige, elle se replie autour de roue.

ANNEXE 9 : Principe de résolution 6 (Universalité)



Universalité

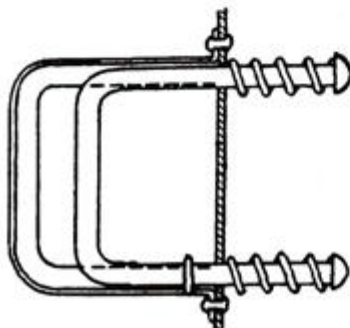
06

A L'objet réalise plusieurs fonctions différentes, donc les autres objets deviennent inutiles.

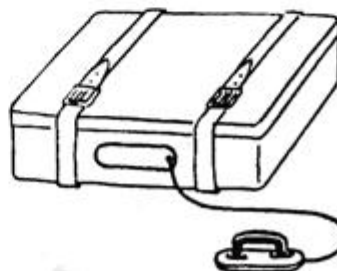
Les batteries puissantes mises à l'intérieur de la quille d'un yacht assurent sa stabilité. Quand le yacht est poussé par les voiles, la rotation de l'hélice charge les batteries. Par temps calme, les batteries alimentent le moteur.



La poignée d'une serviette sert comme extenseur.

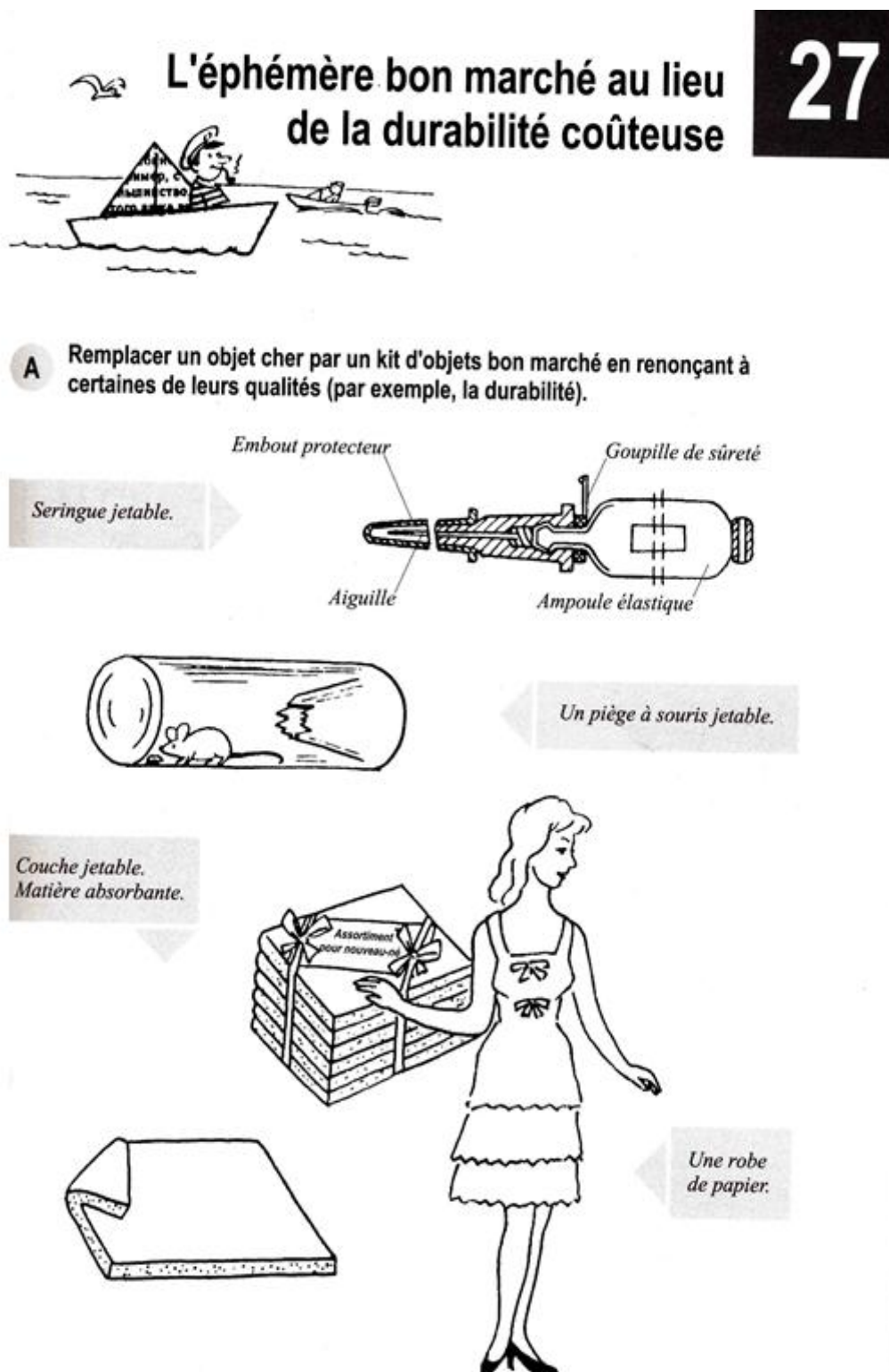


Un chapeau est utilisé comme un sac à main.



La poignée d'une valise sert comme fer à repasser.

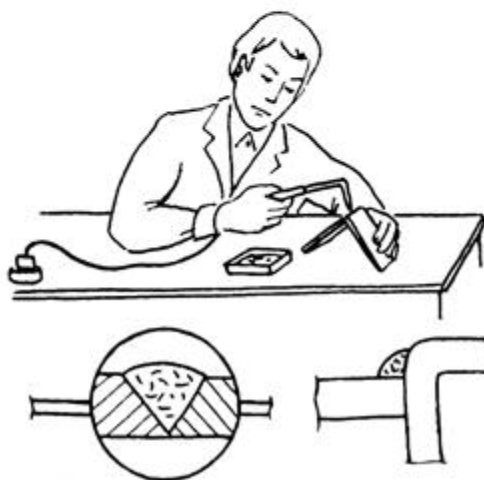
ANNEXE 10 : Principe de résolution 27 (L'éphémère bon marché au lieu de la durabilité coûteuse)



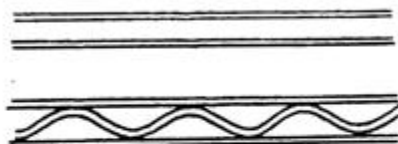
ANNEXE 11 : Principe de résolution 40 (Matériaux composites)**Matériaux composites****40**

A Remplacer des matériaux homogènes par des composites.

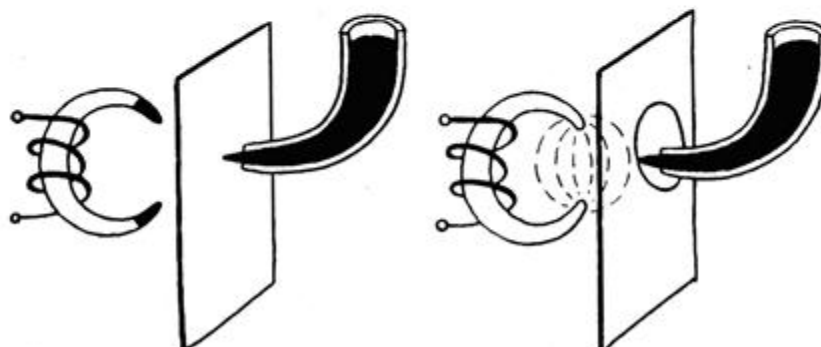
Afin de renforcer la soudure, on y met des fils en métal réfractaire qui jouent le rôle d'armature.

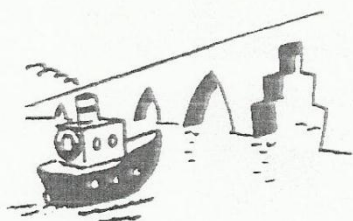


Une composition de papier gaufré collé à du carton permet de fabriquer un emballage solide.



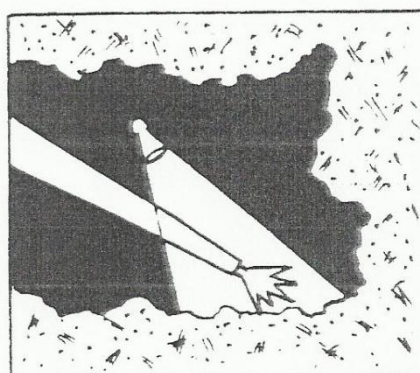
Une image est faite avec de l'encre magnétique (un mélange de pigments et de poudre ferromagnétique) soumise à un champ magnétique.



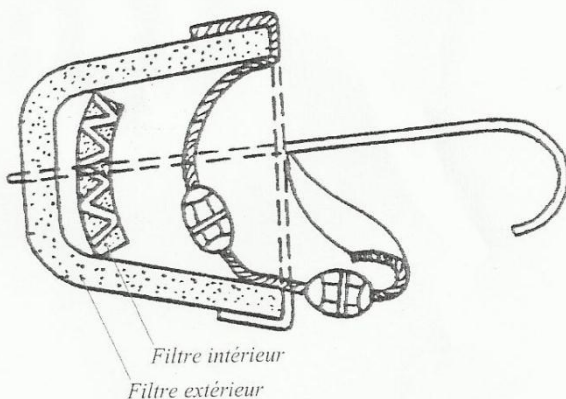
ANNEXE 12 : Principe de résolution 3 (la qualité locale)**La qualité locale****03**

- A** Transformer la structure homogène de l'objet (ou de son environnement, ou de l'action extérieure) en une structure hétérogène.

La méthode de suppression de la poussière dans les mines de charbon. Au lieu d'utiliser un flux homogène d'eau, on utilise un flux structuré : on crée un cône d'eau de grosse dispersion autour du cône d'eau à fine dispersion. Cela empêche l'apparition de brouillard.



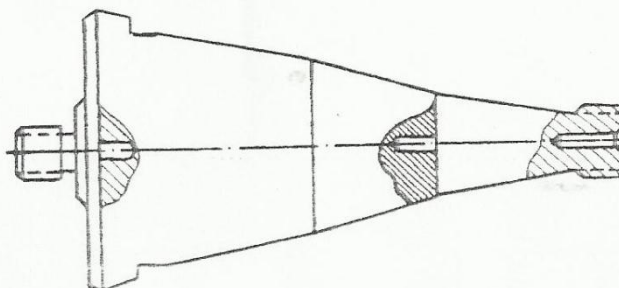
- B** Les parties différentes de l'objet doivent effectuer des fonctions différentes.



Un respirateur anti-poussière est composé de deux couches filtrantes : le filtre extérieur a de gros pores et il sert à la filtration préliminaire, tandis que le filtre intérieur aux pores fins achève le nettoyage final.

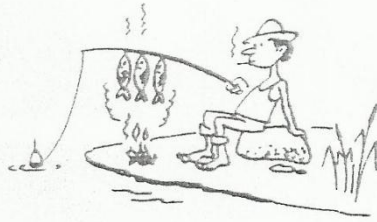
- C** Chaque partie de l'objet doit être placée sous des conditions correspondant au mieux au rôle qu'il a à effectuer.

La partie médiane de l'appareil destiné au traitement de forages par ultrason est constituée de matériau thermoconducteur afin de diminuer son réchauffement. Les extrémités sont faits d'un matériau résistant à l'usure.



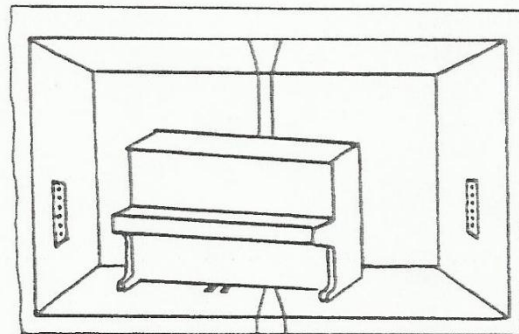
Groupement

05

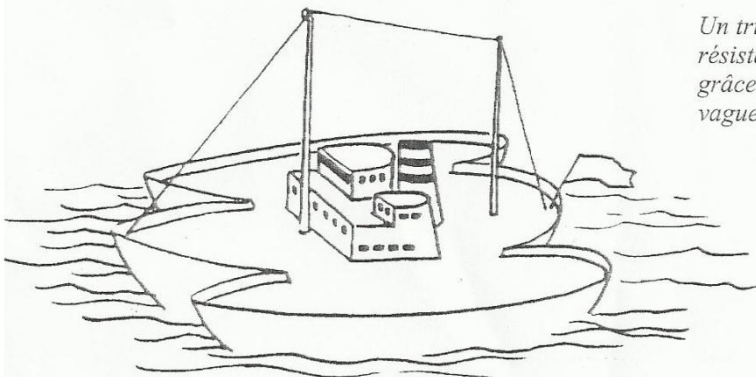


A Grouper des objets homogènes ou des objets destinés à des opérations contiguës.

Deux ascenseurs peuvent transporter des objets larges quand les cloisons attenantes sont retirées.

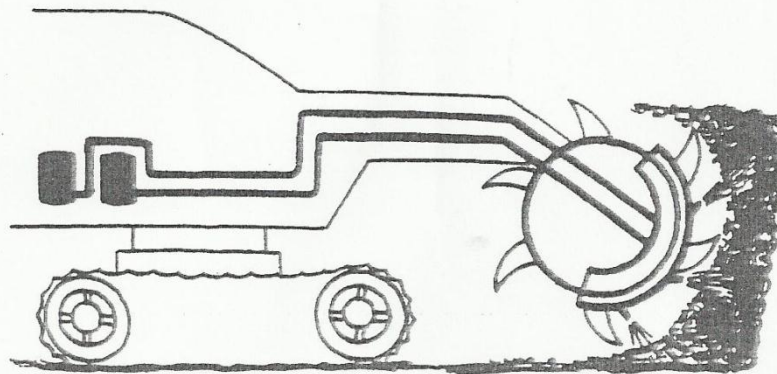


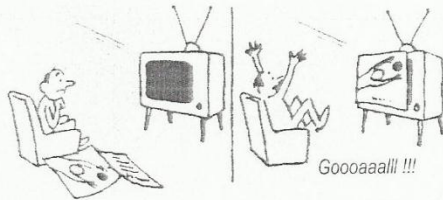
Un trimaran subit une résistance affaiblie de l'eau grâce aux interférences des vagues entre les coques.



B Grouper dans le temps les opérations homogènes ou contiguës.

Les buses installées sur le rotor réchauffent le sol gelé afin de faciliter l'excavation.

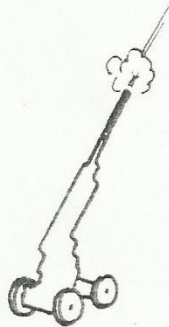


ANNEXE 13 : Principe de résolution 16 (Action partielle ou excessive)**Action partielle ou excessive****16**

A S'il est difficile d'obtenir 100% de l'effet nécessaire, il faut en obtenir un peu moins ou en peu plus : le problème deviendra considérablement plus simple.

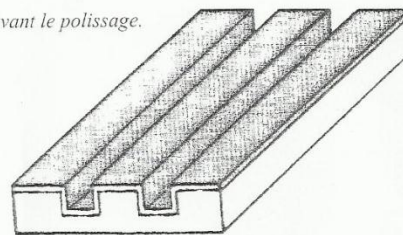


La technique de fabrication de conduits magnétiques. Sur une plaque de céramique, on place une couche d'un matériau ferromagnétique conducteur en abondance, puis on enlève le superflu par polissage. Au final, la couche nécessaire ne reste qu'à l'intérieur de la plaquette.

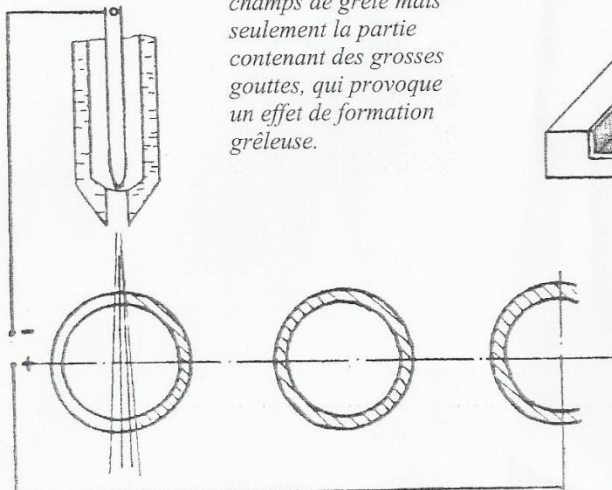
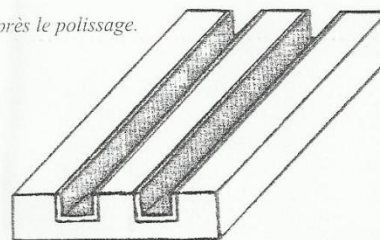


Pour économiser la quantité de réactifs utilisés lors de la lutte contre la grêle, on ne cristallise pas tous les champs de grêle mais seulement la partie contenant des grosses gouttes, qui provoque un effet de formation gréleuse.

Avant le polissage.



Après le polissage.



Procédé de découpe de métaux à l'arc plasma. S'il est impossible de surveiller le processus de coupe, on crée un arc surdimensionné qui garantit la coupe du métal.

ANNEXE 14 : Principe de résolution 33 (Homogénéité)

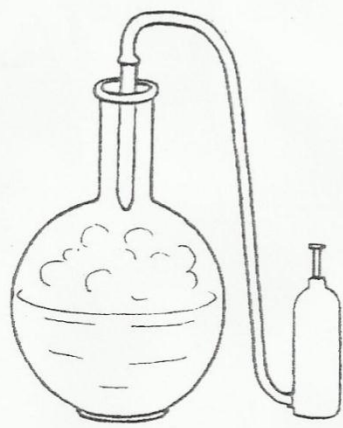
Homogénéité

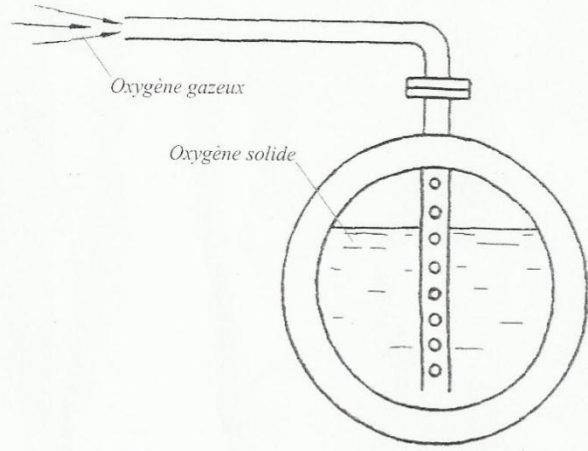
33



A Les objets interagissant avec l'objet donné doivent être fabriqués dans un matériau identique (ou proche par ses propriétés).

Une méthode de fusion de la matière cryogène : on utilise la vapeur de la même matière.

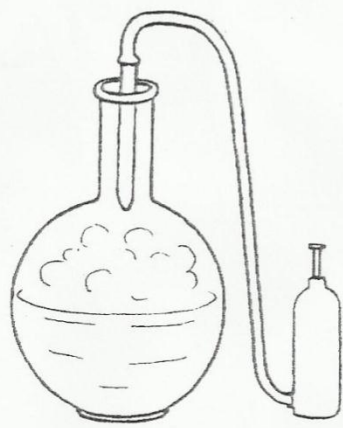


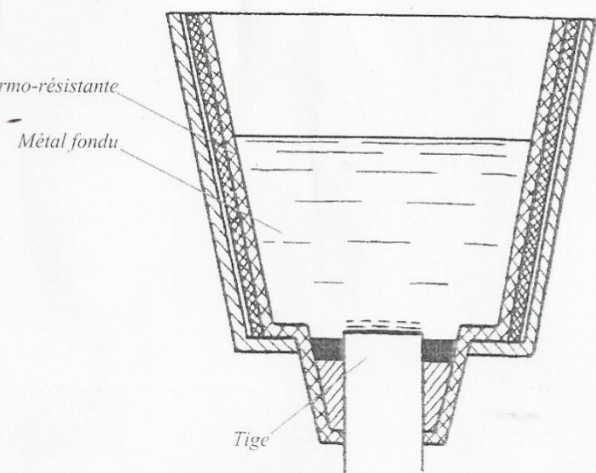


Oxygène gazeux

Oxygène solide

Une méthode de réchauffement de la zone de réaction endothermique : on y introduit les vapeurs de produits qui se condensent et émettent la chaleur nécessaire pour la réaction.





Couche thermo-résistante

Métal fondu

Tige

La tige, qui transmet des vibrations ultrasoniques au métal fondu, se dégrade peu à peu. Afin que les particules de la tige ne polluent pas le métal, la tige est faite de la même matière que le métal.