

## ASSOCIATION DES PROFESSIONNELS DE L'IRRIGATION PRIVEE ET DES ACTIVITES CONNEXES

*2900, Avenue Kadiogo, Route de Bobo Dioulasso, Secteur 9*

04 BP 8572 Ouagadougou 04 / Burkina Faso

Tél. : (00226) 50.34.52.99 / Fax : (00226) 50.34.15.49

Email : [apipac@fasonet.bf](mailto:apipac@fasonet.bf) / Site web : [www.apipac.bf](http://www.apipac.bf)

### *Projet DIPAC / APIPAC*

*Contrat n°220/2002/MEF/AGRI/APIPAC/DIPAC*

**TOME 4**

### **RAPPORT TECHNIQUE FINAL**

*VOLET TECHNOLOGIES D'EXHAURE DE L'EAU*



*Pompe Nafa aspirante refoulante*



*Nafa aspirante simple*  
*Pompe Nafa aspirante simple*



*Pompe Nafa manuelle*



*Pompe Nafa profondur*



**EnterpriseWorks**  
BURKINA FASO

**EnterpriseWorks Burkina Faso**

09 BP 408 Ouagadougou 09 / Burkina Faso

Tél. : (00226) 50.38.06.08 – 40.46.05.82 / Fax : (00226) 50.38.06.08

Email : [ewwbf@liptinfor.bf](mailto:ewwbf@liptinfor.bf) / Site web : [www.enterpriseworks.org](http://www.enterpriseworks.org)

**Mai 2004**

## **INTRODUCTION**

La typologie des exploitations privées au Burkina Faso montre que :

- Les superficies varient de quelques centaines de m<sup>2</sup> à des dizaines d'hectares ;
- Les moyens d'exhaure vont des GMP, pour les grandes superficies, aux calebasses, seaux et arrosoirs pour les petites superficies.

La composante « test et diffusion de nouvelles techniques et technologies d'irrigation » du « Projet Pilote de Développement de l'Irrigation Privée et des Activités Connexes » ambitionne de répondre aux préoccupations de ces irriguants en matière de mobilisation de l'eau, d'exhaure et de distribution de l'eau. De façon spécifique le volet « Technologies d'exhaure de l'eau » de cette composante vise à :

- Réduire les charges de fonctionnement pour la catégorie d'irriguants utilisant les motopompes en leur proposant des motopompes à meilleure rentabilité du point de vue débit ou de la consommation en carburant.
- Permettre aux petits irriguants d'augmenter leurs superficies en leur proposant des moyens d'exhaure à la portée de leur bourse et susceptibles de soulager les efforts souvent assez pénibles qu'ils fournissent avec les moyens rudimentaires (calebasses, seaux, arrosoirs ...).

C'est dans cette optique que les activités confiées à EnterpriseWorks par l'APIPAC (l'Association des Professionnels de l'Irrigation privée et des Activités Connexes) ont, en ce qui concerne le volet « Technologies d'exhaure de l'eau », porté sur :

- Des tests menés sur des groupes motopompes modifiés. Ces modifications ont concerné soit la pompe, soit le moteur.
- Des tests et la diffusion d'une gamme de modèles de pompes à pédales.

Le présent rapport qui sanctionne les actions menées sur ces différentes technologies est présenté en deux chapitres :

- ✓ Chapitre I : Expérimentation.
- ✓ Chapitre II : Diffusion commerciale et les mesures d'impacts des pompes à pédales..

## **RESUME**

Ce rapport traite des activités et résultats de l'expérimentation des technologies d'exhaure de l'eau dans le domaine de la petite irrigation privée au Burkina Faso. Cette expérimentation a été menée par Enterpriseworks Worldwide Burkina Faso (EWBF) en tant que prestataire de l'Association des Professionnels de l'Irrigation Privée et des Activités Connexes (APIPAC) dans le cadre du projet de Développement de l'Irrigation Privée et des Activités Connexes (DIPAC).

Les technologies d'exhaure expérimentées peuvent être classées en deux gammes. Il s'agit de :

- ☞ Pompes à motricité humaine commercialisés sous le nom de « pompes Nafa » (pompe Nafa aspirante refoulante, pompe Nafa aspirante simple, pompe Nafa de profondeur, pompe Nafa gros débit pompe Nafa aspirante refoulante compacte, pompe Nafa manuelle) ;
- ☞ Groupes motopompes (GMP) modifiés. Ce sont les GMP à hélices, les GMP à huile de pourghère et le GMP à éjecteurs venturi.

Les données recueillies concernent celles de plusieurs tests et suivis pour chaque technologie. Elles ont permis de faire des analyses ayant abouti à des propositions de diffusion par voie commerciale ou à l'abandon de la technologie.

Ainsi plusieurs pompes à motricité humaine testées sont actuellement commercialisées. Il s'agit de :

- ✓ La pompe Nafa aspirante refoulante<sup>1</sup> : 18 artisans opérationnels et 1275 pompes vendues.
- ✓ La pompe Nafa aspirante simple : 8 artisans opérationnels et 66 pompes vendues.
- ✓ La pompe Nafa manuelle : 17 artisans opérationnels et 49 pompes vendues.
- ✓ La pompe Nafa de profondeur : 5 artisans opérationnels et 11 pompes vendues.
- ✓ La pompe Nafa gros débit : 1 artisans opérationnels.

Pour les GMP modifiés, on peut noter les résultats suivants :

- ✓ Le GMP à éjecteur venturi a été abandonné dès la phase préliminaire de l'expérimentation, c'est-à-dire la fabrication des premiers prototype.
- ✓ Les conditions de fonctionnement du GMP à hélice sont réunies dans très peu de zones au Burkina et elle réussit un accueil mitigé de la part des producteurs. Il n'est pas passé en phase de diffusion commerciale.
- ✓ Pour le GMP à huile de pourghère, les actions doivent s'inscrire dans une perspective de longue durée.

---

<sup>1</sup> Ce modèle a été directement mis en diffusion commerciale parce que déjà éprouvée dans d'autres pays.

# **CHAPITRE I : EXPERIMENTATION DES TECHNOLOGIES D'EXHAURE**

# SOMMAIRE : CHAPITRE 1

<b>INTRODUCTION</b> .....	<b>1</b>
<b>RESUME</b> .....	<b>3</b>
<b>I CONTEXTE ET OBJECTIFS DE L'EXPERIMENTATION</b> .....	<b>7</b>
<b>II. ZONES DE L'EXPERIMENTATION</b> .....	<b>7</b>
<b>III METHODOLOGIE DE L'EXPERIMENTATION</b> .....	<b>7</b>
<b>3.2 L'identification des sites d'expérimentation et contractualisation avec les propriétaires des sites.</b> .....	<b>9</b>
<b>3.3 Les suivis et les tests spécifiques.</b> .....	<b>10</b>
<b>IV PRESENTATION DES TECHNOLOGIES EXPERIMENTEES</b> .....	<b>11</b>
<b>4.1 Les pompes à motricité humaine.</b> .....	<b>11</b>
4.1.1 La pompe à pédales aspirante refoulante classique. ....	11
4.1.2 La pompe à pédales aspirante simple.....	12
4.1.3 La pompe à pédales de profondeur. ....	12
4.1.4 La pompe à pédales modèle aspirant refoulant grand débit. ....	13
4.1.5 La pompe à pédales aspirante refoulante classique. ....	14
4.1.6 La petite pompe à pédales aspirante refoulante « modèle compact ». ....	14
<b>4.2 Les GMP modifiés.</b> .....	<b>15</b>
4.2.1 Le GMP à hélice. ....	15
4.2.2 Le GMP fonctionnant à l'huile de pourghère. ....	16
4.2.3 Le GMP à éjecteurs venturi. ....	16
<b>V. ACTIONS MENEES ET RESULTATS DES PERFORMANCES MECANIQUES.</b> .....	<b>18</b>
<b>5.1 Actions sur les pompes à pédales.</b> .....	<b>18</b>
5.1.1 Les suivis de terrain.....	18
5.1.2 Mesures sur banc d'essais des performances hydrauliques. ....	21
<b>5.2 Actions menées sur les GMP modifiés.</b> .....	<b>21</b>
5.2.1 Actions menées sur le GMP à Hélices. ....	21
5.2.2 Actions menées sur le GMP fonctionnant à l'huile de pourghère. ....	22
5.2.3 Actions menées sur le GMP à éjecteur venturi. ....	23
<b>VI PRINCIPAUX RESULTATS HYDRAULIQUES.</b> .....	<b>24</b>
<b>6.1 Résultats sur les pompes Nafa.</b> .....	<b>24</b>
6.1.1 Pompes Nafa aspirante refoulante. ....	24
6.1.2 Pompe Nafa aspirante simple. ....	26
6.1.3 La pompe Nafa grand débit. ....	27
6.1.4 La pompe Nafa de profondeur.....	29
6.1.5 Pompes Nafa manuelle. ....	30
6.1.6 Pompes Nafa aspirante refoulante compacte. ....	31
<b>6.2 Résultats sur les GMP modifiés.</b> .....	<b>33</b>
6.2.1 Motopompes à hélices. ....	33
6.2.2 Motopompes fonctionnant à l'huile de pourghère (résultats hydrauliques et économiques). ....	49

### **Liste des tableaux.**

<u>Tableau 1</u> : Récapitulatif des premiers prototypes fabriqués par technologie. ....	8
<u>Tableau 2</u> : Récapitulatif des sites d'expérimentations des différentes technologies. ....	9
<u>Tableau 3</u> : Récapitulatif des suivis in situ des petites pompes à pédales aspirantes simples. ....	18
<u>Tableau 4</u> : Récapitulatif des suivis des pompes Nafa de profondeur. ....	20

### **Liste des photos.**

<u>Photo 1</u> : pompe Nafa aspirante refoulante.....	11
<u>Photo 2</u> : Pompe Nafa aspirante simple. ....	12
<u>Photo 3</u> : Pompe Nafa profondeur. ....	12
<u>Photo 4</u> : Pompe Nafa grand débit.....	13
<u>Photo 5</u> : pompe Nafa manuelle.....	14
<u>Photo 6</u> : pompe Nafa aspirante refoulante compacte.....	14

### **Liste des schémas.**

<u>Schéma 1</u> : schéma de la pompe à hélice . ....	15
--	----

## **I CONTEXTE ET OBJECTIFS DE L'EXPERIMENTATION**

L'Association des Professionnels de l'Irrigation Privée et des Activités Connexes (A.P.I.P.A.C) s'est vue confiée par le gouvernement burkinabé l'exécution du projet pilote de Développement de l'Irrigation Privée et des Activités Connexes (D.I.P.AC). Un des objectifs de ce projet est de fournir des services d'appui dans le but d'accroître les revenus et emplois par des améliorations au niveau du matériel et des techniques d'irrigations, de production végétale et de technologie post-récolte. C'est pourquoi un des volets du projet concerne « la démonstration et la diffusion de nouvelles techniques et technologies d'irrigation » dont l'exécution a été confiée à EnterpriseWorks en tant que maître d'œuvre délégué. Ce volet comporte un sous-volet sur les technologies d'exhaure de l'eau.

C'est ainsi que EnterpriseWorks a eu à conduire une expérimentation sur plusieurs technologies de l'eau. L'objectif global de cette expérimentation est d'identifier des technologies d'exhaure qui répondent, en termes de critères techniques et de coût d'acquisition et de fonctionnement, aux préoccupations majeures des exploitants pratiquant la petite irrigation. Et plus spécifiquement l'expérimentation devrait permettre de :

- Donner les caractéristiques techniques (mécaniques et hydrauliques) de chaque technologie testée.
- Cerner les appréciations des irrigants sur la technologie et les zones potentiellement favorables à sa diffusion.
- Evaluer le coût de fabrication et le prix de vente pour les technologies aptes à passer en phase de diffusion commerciale.

## **II. ZONES DE L'EXPERIMENTATION.**

Les zones d'expérimentation sont les zones couvertes par le projet D.I.P.A.C à savoir les cinq antennes régionales dont les centres sont : Ouagadougou, Banfora/Bobo-Dioulasso, Dédougou, Kaya et Fada N'Gourma. Les sites d'expérimentation sont choisis dans un rayon de 100km autour des ces centres. Cependant le choix final des sites devra tenir compte de certains critères (Cf. **Section 3.2** ).

## **III METHODOLOGIE DE L'EXPERIMENTATION.**

D'une manière générale l'expérimentation des différentes technologies comporte les phases suivantes :

- La fabrication ou la modification d'un ou plusieurs prototypes de la technologie à expérimenter.
- L'identification des sites d'expérimentation ; contractualisation avec les propriétaires des sites et l'installation.
- Le suivi des premiers prototypes installés et les tests spécifiques.

### 3.1 La mise au point des premiers prototypes (*fabrication et modification*)

Toutes les technologies expérimentées par EnterpriseWorks doivent répondre à certains critères spécifiques notamment :

- ✓ Etre techniquement performantes.
- ✓ Etre d'un coût accessible à la bourse des utilisateurs cibles.
- ✓ Etre financièrement rentables : c'est-à-dire que leur utilisation devrait permettre un retour rapide sur l'investissement fait dans leur acquisition et de générer rapidement des bénéfices.
- ✓ Etre fabriquées localement et diffusées à proximité des utilisateurs cibles.

Dans l'optique de satisfaire ce dernier critère les premiers prototypes de toutes les technologies expérimentées ont été fabriqués au Burkina. Cette fabrication est faite par des artisans formateurs<sup>2</sup>. Ils sont eux-mêmes initiés soit directement par les concepteurs<sup>3</sup> de la technologie ou par d'autres artisans formateurs déjà opérationnels dans d'autres pays où la technologie a fait l'objet d'expérimentation.

Le tableau suivant fait le récapitulatif des premiers prototypes fabriqués par technologie en *expérimentation*.

**Tableau 1** : Récapitulatif des premiers prototypes fabriqués par technologie.

<b>Technologie</b>	<b>Nombre de prototypes fabriqués</b>	<b>Personne ayant assuré la formation initiale</b>	<b>Observations</b>
Pompe Nafa aspirante refulante	5	Un formateur d'artisan de EnterpriseWorks-Niger.	Directement commercialisée parce que déjà éprouvée.
Pompe Nafa aspirante simple coût.	6	Un formateur d'artisan de EnterpriseWorks-Niger.	
Pompe Nafa de grande profondeur	19	Le concepteur de la pompe M. Gunar BAARNES.	
Pompe Nafa gros débit.	2	Un formateur d'artisan de EnterpriseWorks-Niger.	
Pompe Nafa manuelle.	3	Un formateur d'artisan de EnterpriseWorks-Sénégal	
Pompe Nafa aspirante refulante compacte.	3	Un formateur d'artisan de EnterpriseWorks-Sénégal	Ce modèle n'a pas encore été l'objet de tests ; il n'est en diffusion commerciale
GMP à hélices	6	Le concepteur de la pompe M. Gunar BAARNES.	La cinquième pompe a été fabriquée sur demande d'un producteur.
GMP à huile de pourghère	5	Un formateur d'artisan de EnterpriseWorks-Sénégal, puis par le concepteur Carl BIELENBERG.	
GMP à éjecteurs venturi	2	Le concepteur de la pompe M. Gunar BAARNES	L'essai des premiers prototypes n'a pas donné des résultats satisfaisants, le test sur cette technologie n'a donc pas continué.

<sup>2</sup> Les artisans formateurs sont ceux qui sont chargés de former, à proximité des utilisateurs cibles, les artisans locaux sur les technologies susceptibles de passer en diffusion commerciale.

<sup>3</sup> Ce sont des consultants du siège de EnterpriseWorks aux Etats-Unis qui sont à la base de la mise au point de la technologie.

### 3.2 L'identification des sites d'expérimentation et contractualisation avec les propriétaires des sites.

Les différentes technologies en expérimentation sont testées in-situ dans des conditions réelles d'utilisation. Ainsi plusieurs missions ont été effectuées afin de trouver des sites adaptés aux conditions de fonctionnement de ces technologies. Les critères de choix de ces sites sont entre autres :

- Adaptabilité du site par rapport aux conditions de fonctionnement de la technologie ;
- L'accessibilité du site ;
- La disponibilité du propriétaire du site à accueillir et participer activement à l'expérimentation ;
- L'existence d'un potentiel pour la diffusion de la technologie en cas de succès de l'expérimentation ;
- L'appartenance de préférence à l'APIPAC. Mais finalement ce dernier critère a été abandonné.

**Tableau 2:** Récapitulatif des sites d'expérimentations des différentes technologies.

Type de technologie expérimentée	Zone d'installation	Localité	Coordonnées		Bénéficiaires	Observations
			Latitude	Longitude		
<i>Pompe à pédales aspirante refoulante.</i>	Elle a été directement mise en diffusion commerciale, parce que déjà éprouvée dans d'autres pays.					
<i>Pompe à pédales aspirante simple</i>	Kaya	Lac Dem	13°11'19,4"N	1°08'28,4"W	Ouédraogo Mahamoudou	Le producteur a acheté la pompe à la fin des tests.
	Kaya	Lac Dem	13°11'25,6"N	1°08'42,0"W	Ouédraogo Tidjane Kader	
	Kaya	Lac Dem	13°10'32,5"N	1°09'46,3"W	Sawadogo Ousmane	Le producteur a acheté la pompe à la fin des tests.
	Kaya	Lac Dem	13°10'42,2"N	1°09'53,1"W	Ouédraogo Souleymane	
	Kaya	Lac Dem	13°11'42,1"N	1°09'26,5"W	Sawadogo Jérémy	
	Kaya	Lac Dem			Sawadogo Abdoulaye	Le producteur a acheté la pompe à la fin des tests.
<i>Pompe à pédales de grande profondeur.</i>	Réo	Réo	12°19'44,9"N	2°29'28,5"W	Maurice Bado	
	Réo	Boyolo			Bagoro Walboué	
	Réo	Sanguié	12°20'32,8"N	2°31'36,7"W	Badoua Badoyan	
	Ouahigouya	Ouahygouya	13°35'20,6"N	2°25'40,3"W	Ouédraogo Daouda	
	Ouahigouya	Watinoma	13°34'34,8"N	2°22'48,7"W	Elhadj Raogo Souleymane	
	Ouahigouya	Tougou	13°40'43,8"N	2°13'07,6"W	Pasteur Porgho Sambo	
	Ouaga	Secteur 7	12°20'44,2"N	1°32'0,9"W	CEFISE	
	Ouaga	Boulbi	12°14'05,5"N	1°32'10,5"W	Nikiéma Emile	Pompe démontée sur demande du bénéficiaire pour être réinstallée Bobo .
	Ouaga	Kamboinsé	12°27'34,4"N	1°33'32,3"W	ETSHER	
	Ouaga	Zone du bois	12°23'10,4"N	1°29'29,8"W		
	Fada				Dahani Barthélémy	

Type de technologie expérimentée	Zone d'installation	Localité	Coordonnées		Bénéficiaires	Observations
			Latitude	Longitude		
<i>Pompe à pédales à grand débit</i>	Dédougou	Bana	12°35'07,8" N	3°28'18,5"W	Groupement féminin	Pompe démontée pour être réinstallée Nokuy
	Dédougou	Nokuy	12°29'13,6" N	3°28'44,3"W	Ouédraogo Ousmane	Pompe démontée à Bana .
	Bobo	Bolmakoté	11°09'32,9" N	4°17'44,5"W	Sanou Karim	
	Bobo	Bolmakoté	11°09'30,4" N	4°17'50,0"W	Dao Bassiaka	Pompe démontée à Boulbi.
	Tangaye1	Lac Bam			Sawadogo Idrissa	Le producteur a acheté la pompe à la fin des tests.
	Tangaye1	Lac Bam			Sawadogo Romuel	Le producteur a acheté la pompe à la fin des tests.
<i>Pompe manuelle</i>	Elle a été directement mise en diffusion commerciale, parce que déjà éprouvée dans d'autres pays.					
<i>Pompe aspirante refoulante compacte</i>	La formation des artisans formateurs sur modèle a eu lieu en fin de projet. Le modèle n' a donc pas été l'objet de test.					
<i>GMP à hélices.</i>	Bobo	Desso			Elhadj Mamadou Sanou	
	Banfora	Tingréla			Tou Yacouba	
	Dédougou	Sono			Tamini Constant	
	Kaya	Yalgo			Elhadj Tahirou Bansé	
<i>GMP à huile de pourghère.</i>	Fada	Kompienga			Selembéré Issa	
	Banfora	Bérégadougou			Sombié Julien	
	Dédougou	Koumana			Bonzi Nestor	
	Bobo	Banakélédaga			Sanou Zakaria	
	Bobo	Diaradougou			Elhadj Sanou Soumailla	
<i>GMP à éjecteurs venturi.</i>						L'essai du premier prototype n'ayant pas été concluant, cette pompe n'était pas installée sur site.

Sur chacun des sites l'expérimentation a fait l'objet d'un contrat entre l'APIPAC et l'exploitant du site retenu. (Cf. **Annexe** pour un contrat type).

### 3.3 Les suivis et les tests spécifiques.

Ces activités constituent l'étape fondamentale des expérimentations. Ils consistent à faire :

- ✓ Des tests spécifiques pour déterminer :
  - Les performances hydrauliques : mesures de débits, de capacités limites d'aspiration ou de refoulement.
  - Les consommations énergétiques.
- ✓ Des vérifications périodiques du fonctionnement mécanique : il s'agit de cerner et solutionner les différents problèmes mécaniques (les usures des pièces ou les détériorations des pièces, les défauts de fabrication, la qualité des matériaux ...) fréquents sur les technologies en test.
- ✓ Des visites commentées sur ces technologies : Ces visites consistent à inviter sur le site de l'expérimentation les producteurs de la zone. Les objectifs visés sont d'une part de faire connaître la technologie par un maximum d' agriculteurs et d'autre part de recueillir leurs réactions.
- ✓ Des enquêtes auprès des producteurs pilotes ainsi que leurs voisins : pour cerner leur intérêt ou non à ces technologies.

## IV PRESENTATION DES TECHNOLOGIES EXPERIMENTEES.

Les technologies d'exhaure sur lesquelles porte l'expérimentation peuvent être classées en deux gammes :

- Les pompes à motricité humaine : pompes à pédales ;
- Les groupes motopompes (GMP) modifiés : GMP à hélices, GMP à huile de pourghère et GMP à éjecteurs venturi

### 4.1 Les pompes à motricité humaine.

Cette gamme est constituée de six modèles de pompes à pédales :

- ✓ La pompe Nafa aspirante-refoulante ;
- ✓ La pompe Nafa aspirante simple ;
- ✓ La pompe Nafa de profondeur ;
- ✓ La pompe Nafa grand débit ;
- ✓ La pompe Nafa manuelle ;
- ✓ La petite pompe aspirante refoulante compacte.

#### 4.1.1 La pompe à pédales aspirante refoulante classique.

##### **Description physique.**

##### **Encombrement maximum (pompe montée)**

- hauteur totale de 1,60 m, base de 1,50 m x 0,40 m

##### **Encombrement minimum (pompe démontée) :**

- hauteur totale de 0,70 m, base de 1,50 m x 0,40 m

**Poids :** 27 kg

**Niveau des pédales par rapport au sol :** 70 cm

##### **Cylindrée :**

- diamètre cylindres : 105 mm
- course des pistons : variable entre 0 et 300 mm.



**Photo 1 :** pompe Nafa aspirante refoulante

##### **Mode de fonctionnement.**

C'est une pompe volumétrique à motricité humaine qui est actionnée par pédalage. Les pédales actionnent 2 pistons. Lorsqu'un piston monte, le clapet d'aspiration de la boîte à clapets s'ouvre et laisse passer l'eau dans le cylindre (c'est l'aspiration). A la descente du piston, le clapet d'aspiration se ferme tandis que celui de refoulement s'ouvre, obligeant ainsi l'eau à sortir au niveau du tuyau de refoulement (c'est le refoulement). Pendant le même temps, l'autre piston et ses clapets correspondants font le mouvement opposé.

Pour cette pompe deux personnes peuvent pomper à la fois (ils se placent sur les pédales de part et d'autre du guidon).

#### 4.1.2 La pompe à pédales aspirante simple.

##### **Description physique.**

##### **Encombrement maximum** (pompe montée) :

- hauteur totale de 1,35m, base de 0,90m x 0,60m

##### **Encombrement minimum** (pompe démontée) :

- hauteur totale de 0,55m, base de 0,90m x 0,60m

**Poids** : 18Kg

**Niveau des pédales par rapport au sol** : 47cm

##### **Cylindrée** :

- diamètre des cylindres : 115mm,
- course des pistons : 0 à 200mm



**Photo 2**: Pompe Nafa aspirante simple.

##### **Mode de fonctionnement.**

Le mode de fonctionnement de cette pompe est pratiquement le même que celui de la pompe aspirante refoulante classique. Cependant elle n'est pas munie de clapets de refoulement ; ce qui fait d'elle une pompe aspirante simple. Comme l'aspirante refoulante, elle est à motricité humaine et est actionnée par pédalage. En principe une seule personne peut être sur les pédales.

#### 4.1.3 La pompe à pédales de profondeur.

##### **Description physique.**

La pompe de profondeur existe sous deux formes : en monocylindre et en bi-cylindres<sup>4</sup>. Son principe consiste à rapprocher la boîte à clapets le plus près possible du plan d'eau d'aspiration. Ceci permet de contourner les difficultés liées à l'impossibilité physique d'aspirer à plus de 9m. Tout se passe comme si la pompe aspire l'eau à une profondeur égale à la distance qui sépare la boîte à clapets du plan d'eau et la refoule à une hauteur égale à la distance séparant la boîte à clapets du niveau fini de la margelle l'ouvrage ( puits ou forage ).



**Photo 3** : Pompe Nafa profondeur.

La partie aspiration est généralement constituée par un tuyau PVC de diamètre 50mm et de longueur 6m. Quant à la partie « refoulement », elle est constituée :

- Soit d'un cylindre unique formé des tuyaux PVC pression de diamètre 90mm C'est le cas des pompes monocylindre ;

<sup>4</sup> Ces pompes bi-cylindres sont elles mêmes constituées de deux sous-modèles suivant le type de clapet : le sous-modèle dit à clapets mobiles ( dont le mouvement de clapet se traduit par une translation verticale) et le sous-modèle dit à clapets fixes ( les clapets sont fixés sur le boîtier à clapets et leur mouvement consiste en un basculement autour de l'axe constitué par ses deux points de fixation)

- Soit de deux cylindres formés des tuyaux PVC pression de diamètre 75mm. C'est le cas des pompes dites bi-cylindres.

Mais finalement à l'issue des différents tests, seul le modèle monocylindre est retenu pour une diffusion commercialisé. Et le diamètre retenu pour le refoulement est plutôt le 63 mm au lieu du 75 mm ou 90 mm

La longueur de la partie refoulement dépend de la profondeur totale de l'ouvrage (puits ou forages) sur lequel la pompe est installée. De même la forme du tablier posé sur la margelle dépend des dimensions de cette margelle. Les aspects physiques de la pompe (encombrement, poids...) sont des paramètres variables.

### ***Mode de fonctionnement.***

C'est une pompe volumétrique à motricité humaine qui est actionnée par pédalage. Son mode de fonctionnement est le même que celui décrit pour la pompe aspirante refoulante. Cependant étant donnée la distance importante qui sépare les pédales des pistons, ces derniers sont entraînés par un système de tringles. Deux personnes peuvent à la fois pédaler.

#### **4.1.4 La pompe à pédales modèle aspirant refoulant grand débit.**

### ***Description physique.***

C'est un modèle conçue sur la base du modèle aspirante refoulante. La différence fondamentale réside en l'augmentation de ses dimensions par rapport à celles de l'aspirante refoulante. Il s'agit essentiellement des cylindres qui sont passés de 105mm à 150mm de diamètre et les tuyaux d'aspiration et de refoulement qui sont passés de 50mm à 70mm de diamètre.

#### **Encombrement maximum (pompe montée) :**

- hauteur totale de 1,60m, base de 1,25m x 0,50m

#### **Encombrement minimum (pompe démontée) :**

- hauteur totale de 0,75m, base de 1,25m x 0,50m

**Poids :** 38Kg

**Niveau des pédales par rapport au sol :** 80cm



**Photo 4 :** Pompe Nafa grand débit

### ***Spécifications :***

- diamètre cylindres :150mm
- Course des pistons : variable entre 0 et 300mm.

### ***Mode de fonctionnement***

Elle a exactement le même mode de fonctionnement que le modèle aspirant refoulant classique.

#### 4.1.5 La pompe à pédales aspirante refoulante classique.

##### **Description physique.**

##### **Encombrement maximum** (pompe montée)

- hauteur totale de 1,01m ; base de 0,53m x 2,44m

##### **Encombrement minimum** (pompe démontée) :

- hauteur totale de 1,01m ; base de 0,53m x 0,90m

**Poids** : 21kg

**Niveau des manches par rapport au sol** : 1,01cm

##### **Cylindrée** :

- diamètre cylindres :100mm
- course des pistons : variable entre 0 et 240 mm.



**Photo 5** : pompe Nafa manuelle

##### **Mode de fonctionnement**

C'est une pompe volumétrique à motricité humaine qui est actionnée manuellement par une ou deux personnes. Son mode de fonctionnement est le même que l'aspirante simple.

##### **Conditions d'utilisation**

Cette pompe a une profondeur maximale d'aspiration d'environ 8 m. Elle peut être utilisée sur des sources d'eau (forages, puits, lacs ou barrages) dont la profondeur, c'est-à-dire la distance verticale séparant l'axe du tuyau de refoulement à la pompe, reste inférieure ou égale à 8 m. Elle ne refoule pas.

Son utilisation est recommandée sur des jardins exploités par des personnes qui ne peuvent pas monter sur une pompe à pédales pour des raisons physiques ou de mœurs (personnes âgées , femmes).

#### 4.1.6 La petite pompe à pédales aspirante refoulante « modèle compact ».

##### **Description physique.**

##### **Encombrement maximum** (pompe montée)

- hauteur totale de 1,44m ; base de 0,55m x 0,90m

##### **Encombrement minimum** (pompe démontée) :

- hauteur totale de 0,53m ; base de 0,55m x 0,90m

**Niveau des pédales par rapport au sol** : 0,53m

##### **Cylindrée** :

- diamètre cylindres 115mm
- course des pistons : variable entre 0 et 200mm.



**Photo 6** : pompe Nafa aspirante refoulante compacte

### **Mode de fonctionnement.**

Ce modèle est conçu sur la base du modèle aspirante-refoulante, la différence réside au niveau de l'encombrement (ce modèle est plus réduit par rapport à l'aspirante-refoulante). Son Mode de fonctionnement est donc le même que l'aspirante-refoulante ; cependant à cause de son encombrement réduit, une seule personne peut être à la fois sur les pédales.

### **4.2 Les GMP modifiés.**

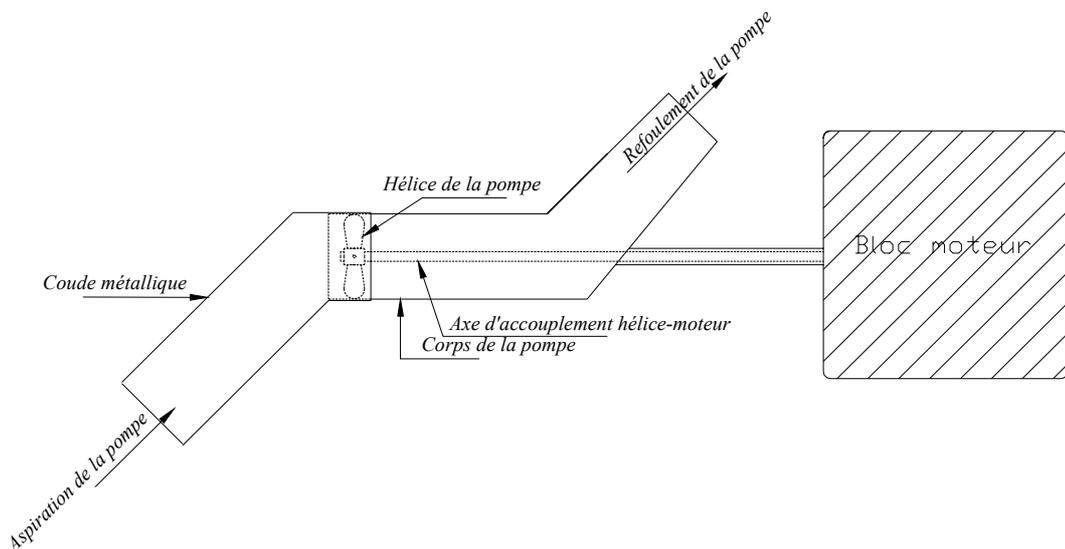
Il s'agit de :

- ✓ La motopompe à hélices.
- ✓ La motopompe fonctionnant à l'huile de pourghère.
- ✓ La motopompe à éjecteurs venturi.

#### **4.2.1 Le GMP à hélice.**

##### **Présentation.**

Le GMP à hélice est constitué par une pompe à hélice accouplée à un moteur. Dans le cas précis de cette expérimentation , les moteurs utilisés sont des moteurs des pompes centrifuges habituelles qu'on trouve sur le marché. On a tout simplement remplacé cette pompe centrifuge par la pompe à hélice. La description de cette pompe est faite par le **schéma 1**.



**Schéma 1:** schéma de la pompe à hélice .

### **Mode de fonctionnement.**

L'hélice est entraînée par le moteur par l'intermédiaire d'un axe d'accouplement. Les forces d'élévation produites par la rotation des pâles de l'hélice propulsent l'eau à travers le refoulement de la pompe. Il faut noter que l'hélice ne crée pas une dépression suffisante pouvant provoquer une aspiration de l'eau ; pour amorcer la pompe il faut nécessairement que l'hélice soit préalablement dans l'eau.

#### **4.2.2 Le GMP fonctionnant à l'huile de pourghère.**

##### **Description.**

Les GMP fonctionnant à l'huile de pourghère sont des GMP courants à moteurs diesels. Leur spécificité fondamentale est la modification apportée sur le moteur pour lui permettre de fonctionner à l'huile de pourghère. Le pourghère est une plante généralement utilisée comme haie autour des jardins ou des cours d'habitations. Ses graines contiennent une huile qui a des propriétés combustibles.

Les éléments essentiels de la modification sont :

- Le réservoir de l'huile de pourghère et son support : l'huile de pourghère et le gasoil ont des réservoirs séparés. Ce réservoir peut être solidaire ou non du bloc-moteur.
- Le système de robinetterie : un robinet à triple voies raccordé aux deux réservoirs permet d'alimenter le moteur soit exclusivement à l'huile de pourghère, soit exclusivement au gasoil.
- Le filtre d'huile de pourghère : tout comme le gasoil, l'huile de pourghère est filtrée avant d'arriver dans le moteur. Son filtre est séparé du celui du gasoil.
- Le dispositif de préchauffage de l'huile de pourghère : l'huile de pourghère est préchauffée avant d'arriver dans le moteur et ceci afin d'avoir une combustion optimale. Ce dispositif est constitué par un tube métallique enroulé autour de l'échappement. L'huile chemine au travers de ce tuyau pour arriver dans le moteur.

##### **Mode de fonctionnement**

Le démarrage du moteur se fait au gasoil : on doit laisser fonctionner le moteur pendant 10mn au gasoil avant de basculer sur l'huile de pourghère ; c'est pour faciliter le démarrage du moteur. De même 10mn avant l'arrêt il faut faire fonctionner le moteur au gasoil ; c'est une précaution à prendre pour éviter de laisser, pendant l'arrêt du moteur, l'huile dans les injecteurs. En effet l'huile peut s'y coaguler et provoquer un colmatage. Il est important de noter que les modifications n'empêchent pas au moteur de fonctionner exclusivement au gasoil en cas de nécessité.

#### **4.2.3 Le GMP à éjecteurs venturi.**

##### **Description et mode de fonctionnement.**

Le GMP à éjecteur est un GMP ordinaire sur lequel on monte un dispositif appelé venturi. Ce venturi est monté sur le refoulement. Le GMP aspire préalablement l'eau à partir d'une cuve, son refoulement est connecté au venturi qui est placé dans un puits. Lorsque l'eau refoulée par la pompe arrive dans le venturi une dépression se crée et ouvre le clapet du venturi qui se met aussi à aspirer l'eau du puits. L'eau aspirée par la pompe à partir de la cuve et celle aspirée par le venturi sont refoulées dans le tuyau

qui part du venturi pour revenir à la cuve. Tout se passe comme si l'eau aspirée de la cuve fait un circuit fermée et le débit de la pompe se résume à celui du venturi. Un dispositif est fait sur la cuve pour récupérer le débit la quantité d'eau supplémentaire.

***Conditions d'utilisation.***

Le GMP à éjecteur venturi est utilisé sur des puits dont la profondeur ne permet aux motopompes classiques d'aspirer ; c'est-à-dire des profondeurs dépassant 6m. Toute fois les GMP à éjecteurs venturis sont aussi limités en capacité d'aspiration (profondeur d'aspiration). Il est indiqué en fait pour des puits dont le niveau d'eau est compris entre 6 et 9m.

## V. ACTIONS MENEES ET RESULTATS DES PERFORMANCES MECANIQUES.

### 5.1 Actions sur les pompes à pédales.

Ces actions se résument essentiellement en deux points que sont :

- ✓ Des suivis sur le terrain : Ces suivis concernent les aspects mécaniques et les mesures in situ de débits et de superficies arrosées.
- ✓ Des mesures des performances hydrauliques (débits, capacités limites d'aspiration et de refoulement) sur banc d'essai : il y a eu aussi accessoirement la construction d'un banc d'essai pour permettre la mesure des performances hydrauliques.

#### 5.1.1 Les suivis de terrain.

Les suivis ont concerné principalement la petite pompe à pédales aspirante simple et la pompe à pédales de profondeur.

##### ***La petite pompe à pédales aspirante simple.***

Cette pompe a connu au cours de son expérimentation diverses évolutions opérées grâce notamment aux réactions recueillies sur le terrain.

##### ***Les suivis du tout premier modèle.***

La spécificité de ce modèle est son cadre qui est entièrement réalisé en fer à béton. Ce qui lui confère l'avantage d'être d'un prix de revient assez bas. En effet à l'époque le prix total de la matière première pour la fabrication de ce modèle revenait à moins de 10 000FCFA ; ce qui pouvait laisser présager un prix de vente de 20 000F CFA.

Cinq exemplaires de ce modèle ont été fabriqués et placés sur le terrain courant l'an 2 000. Des suivis ont été réalisés et ont essentiellement concernés le comportement de la pompe et son ergonomie. La principale conclusion tirée de ces suivis est que le modèle présente des problèmes de stabilité et de résistance. Ainsi des modifications y ont été apportées pour donner un second modèle.

##### ***Les suivis du second modèle.***

Ce modèle diffère du premier par son cadre qui est cette fois-ci en tube carré pour palier aux problèmes de stabilité et de résistance. Ce modèle a été réalisé en 6 exemplaires placés sur le terrain au lac Dem au 1<sup>er</sup> semestre 2001.

Des suivis ont été réalisés à différents niveaux, notamment sur la résistance des matériaux, sur les performances hydrauliques et sur les superficies irriguées. (L'annexe 2 donne détails des différents paramètres suivis).

**Tableau 3:** Récapitulatif des suivis in situ des petites pompes à pédales aspirantes simples.

N°	Paramètres hydrauliques				Mesure de superficies			Suivis mécaniques
	Qmin. (Poids)	Qmoy. (Poids)	Qmaxi. (Poids)	Surface mise en valeur	Superficie test			
					Surface	Etat du sol	Temps d'arrosage	
1	Pompe rangée pour cause de fin de campagne.			700m <sup>2</sup>	Test non effectué pour cause de fin de campagne.			.Cassure des tiges de piston ; . Torsion ou pliure du guidon ; . Usure des segments en cuir ; . Usure des cordes de poulie ; . Quelques problèmes de soudure.

N°	Paramètres hydrauliques				Mesure de superficies			Suivis mécaniques
	Qmin. (Poids)	Qmoy. (Poids)	Qmaxi. (Poids)	Surface mise en valeur	Superficie test			
					Surface	Etat du sol	Temps d'arrosage	
2	4,4m <sup>3</sup> /h (35Kg)	5,3m <sup>3</sup> /h	7,2m <sup>3</sup> /h (70Kg)	820m <sup>2</sup>	241m <sup>2</sup>	Sol argileux, récemment sarclé	2h10mn	
3	Essais de débits non effectués.			1185m <sup>2</sup>	Tests non effectués			
4	Tests de débits non effectués.			1476m <sup>2</sup>	Tests non effectués			
5	4m <sup>3</sup> /h (75Kg)	4,5m <sup>3</sup> /h	4,8m <sup>3</sup> /h (75Kg)	6400m <sup>2</sup>	72m <sup>2</sup>	Sols argileux non travaillé récemment	13mn	
6	La parcelle était sous eaux (inondation ) à la date du suivie							

Les défauts mécaniques recensés sont dus pour l'essentiel à un défaut de qualité du matériau de fabrication. Ainsi, en dehors de quelques précautions qu'il faut prendre pour la soudure (éviter les soudures excessives qui fragilisent le fer), certains matériaux ont été remplacés. C'est le cas notamment du tube carré du guidon qui a été remplacé par du tube rond galvanisé 20/27 et la tige de piston en fer rond de 10 qui a été remplacée par du fer rond de 12. On a ainsi obtenu le troisième modèle qui a été mis en diffusion commerciale.

### **La pompe à pédales de profondeur.**

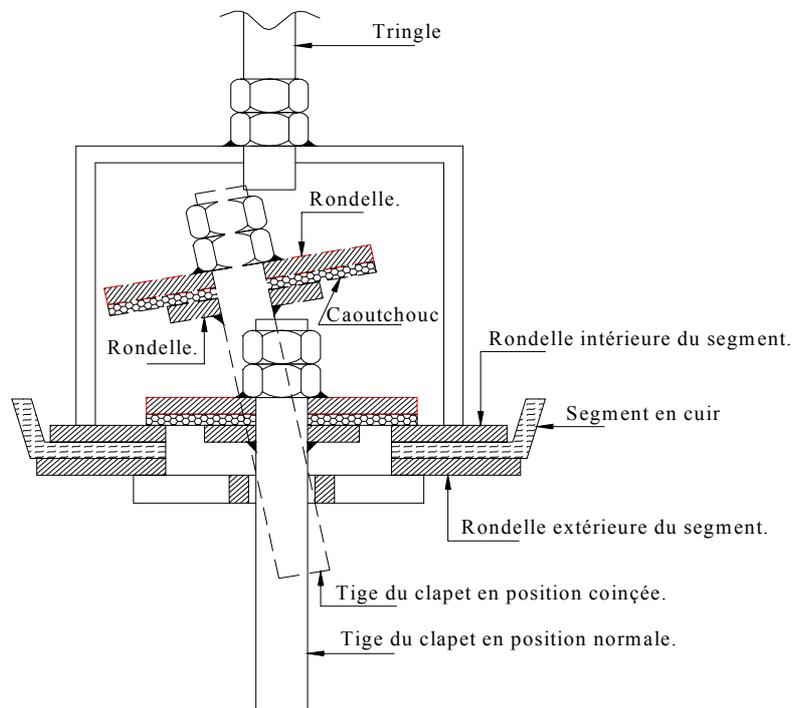
Les suivis sur le terrain ont constitué l'activité essentielle sur ce modèle de pompe. Au total 19 exemplaires ont été fabriqués et placés sur sites pour des suivis (dont 5 exemplaires du modèle bi-cylindres à clapets mobiles, 6 du modèle bi-cylindres à clapets fixes, 1 exemplaire du modèle mono-cylindre première version, 6 exemplaires du modèle mono-cylindre version finale).

Ces suivis ont concerné : les aspects mécaniques de la pompe (résistance des matériaux, fréquence d'usure de certaines pièces), les mesures de débits, des mesures superficies irriguées.

Ces suivis ont permis de mettre en évidence des pannes dont les plus importantes (qui entravent le fonctionnement de la pompe) sont les pannes des clapets ou des segments en cuir. Ces pannes interviennent principalement sur les modèles à deux cylindres :

- Sur le modèle bi-cylindre à clapets fixes, la panne se traduit par la déchirure des clapets ou des segments en cuir. Cette déchirure est due à la combinaison de deux facteurs : le défaut fabrication des rondelles (angles vifs sur les rondelles) et la pression importante. En effet dans le cas des pompes de profondeur la pression sur les clapets peut dépasser 10m de colonne d'eau (1 bar).
- Sur le modèle bi-cylindre à clapets mobiles, c'est la tige du clapet qui coince le plus souvent avec la tige de la tringle (Cf. **schéma 2** ci-dessous). Ce qui empêche le clapet de se refermer pour permettre à la pompe de refouler.

**Schéma 2:** Exemple de panne fréquente sur les pompes profondeur bicylindres à clapets mobiles.



**Tableau 4:** Récapitulatif des suivis des pompes Nafa de profondeur.

N° de la pompe	Aspects hydrauliques.				Mesure de superficies			Observations
	Qmin. (Poids)	Qmoy. (Poids)	Qmaxi. (Poids)	Surface mise en valeur	Superficie test			
					Surface	Etat du sol	Temps d'arrosage	
1	1,3m <sup>3</sup> /h (85Kg)	1,5m <sup>3</sup> /h	1,8m <sup>3</sup> /h (69+70)Kg	Pompe utilisée exclusivement pour l'eau de boisson (hommes et animaux)				Profondeur puits/margelle =9,6m et NS/margelle = 9m)
3	1,5m <sup>3</sup> /h (75Kg)	2,2m <sup>3</sup> /h	2,7m <sup>3</sup> /h (69Kg)	Pompe non encore utilisée pour l'irrigation (elle est utilisée pour l'eau de boisson des hommes et des animaux).				Profondeur totale puits/margelle =18,5m et de NS/margelle =8m
4	Mesures non effectués ( la crépine était hors eau à la date du suivi ).							Profondeur totale puits/sol =11,2m et de NS/sol=10,8m
5	4,6m <sup>3</sup> /h (85Kg)	5,3m <sup>3</sup> /h	6,9m <sup>3</sup> /h (65Kg)	Mesures non effectuées ( fin de campagne )				Profondeur totale puits/margelle =8,2m et NS/margelle=6,4m.
6	2,6m <sup>3</sup> /h (65Kg)	3,6m <sup>3</sup> /h	4,3m <sup>3</sup> /h (69Kg)	Mesures non effectuées ( fin de campagne).				Profondeur totale/tablier =7,94m ; NS/Tablier=7,05m
7	2,4m <sup>3</sup> /h (60Kg)	3,4m <sup>3</sup> /h (64Kg)	4,2m <sup>3</sup> /h (65Kg)	Mesures non effectuées pour cause n'existence de parcelles maraîchères				Profondeur totale/margelle =9,90m ; NS/margelle =8,80m.
9	2,4m <sup>3</sup> /h ( 75Kg)	3,2m <sup>3</sup> /h	4,3m <sup>3</sup> /h (75Kg)	Mesures non effectuées pour cause de fin de campagne.				NS/margelle=6,5m.
10	Crépine hors eau lors du suivi.			Usage domestique ( arrosage des fleurs).				Profondeur totale/margelle =11,90m ; NS/margelle = 11,50m.

N° de la pompe	Aspects hydrauliques.				Mesure de superficies			Observations
	Qmin. (Poids)	Qmoy. (Poids)	Qmaxi. (Poids)	Surface mise en valeur	Superficie test			
					Surface	Etat du sol	Temps d'arrosage	
12	1,4m <sup>3</sup> /h (2opérateurs)	2,0m <sup>3</sup> /h (2opérateurs)	2,9m <sup>3</sup> /h (2opérateurs)	Mesures non effectuées				Profondeur totale puits/margelle =17,8m et de NS/margelle=16m.
12	1,3m <sup>3</sup> /h (58Kg)	1,6m <sup>3</sup> /h	1,8m <sup>3</sup> /h (50Kg)	Pompe à usage exclusivement domestique pour le moment.				Prfdeur totale puits/tablier pompe=11,34m, NS/tablier pompe=10,3m.
13	2,5m <sup>3</sup> /h (60Kg)	3,2m <sup>3</sup> /h	4,2m <sup>3</sup> /h (58+60KG)	882m <sup>2</sup>				Profondeur totale/tablier pompe=11,40m ; NS/tablier=10m.
8	1,2m <sup>3</sup> /h (60,68,75KG)	1,3m <sup>3</sup> /h	2,3m <sup>3</sup> /h (75+50Kg)	1303m <sup>2</sup>				Profondeur totale/tablier pompe=15,40m ; NS/tablier=13,40m.

### 5.1.2 Mesures sur banc d'essais des performances hydrauliques.

(Cf. **Annexe 3** pour la description de la procédure et les principaux résultats des mesures).

Les mesures des performances hydrauliques sur banc d'essai ont été effectuées pour toutes les pompes à pédales exceptée celle de profondeur pour laquelle cela n'était pas possible. L'objectif était d'avoir les courbes HMT/débites pour les différentes pompes ainsi que les capacités limites d'aspiration et de refoulement suivant le poids de(s) opérateur(s).

### 5.2 Actions menées sur les GMP modifiés.

#### 5.2.1 Actions menées sur le GMP à Hélices.

L'expérimentation s'est déroulée sur quatre sites dont : Yalgo (zone de Kaya), Sono (zone de Dédougou), Desso (zone de Bobo), Tingréla (zone de Banforta). Diverses activités ont été menées dans le cadre de l'expérimentation de cette pompe. Il s'agit notamment de :

- ✓ Tests spécifiques : Ces tests ont concerné plusieurs aspects dont :
  - Des mesures comparatives, entre les pompes à hélices et les pompes centrifuges originales<sup>5</sup>, des performances hydrauliques et des consommations énergétiques. Ces mesures devraient permettre de juger de l'opportunité ou pas d'adapter au moteur une pompe à hélice en lieu et place de la pompe centrifuge originelle.
  - Des tests comparatifs entre différents modèles d'hélice. L'objectif était d'arriver à déterminer parmi plusieurs types d'hélices celle qui donne les performances techniques et économiques les plus intéressantes.
  - Des tests comparatifs entre différents accessoires (différents modèles de clapets, différents diamètres de refoulement...). Ces tests ont été réalisés à la suite des certaines hypothèses et suggestions faites lors des visites commentées organisées sur les différents sites d'expérimentation.
- ✓ Les suivis quotidiens par les irrigants pilotes et les suivis périodes : L'objectif de ces suivis était de cerner les difficultés ou les facilités liées au fonctionnement et à l'entretien de la pompe à

<sup>5</sup> Ce sont les pompes centrifuges qui étaient initialement sur les moteurs auxquels les pompes à hélices ont été adaptées.

hélice. Des fiches d'enregistrement des données de ces suivis ont été remises aux exploitants pilotes (Cf. **Annexe 4**).

- ✓ L'organisation des visites commentées : C'était pour faire connaître la pompe à hélice au maximum d'irrigants et en même temps recueillir leurs avis, suggestions et attentes de l'expérimentation. Ces visites ont été organisées sur l'ensemble des quatre sites pilotes.
- ✓ Des enquêtes auprès des producteurs pilotes et leur voisinage : Elles devraient permettre de recenser les différentes opinions qu'ont de la pompe les producteurs qui en ont eu connaissances de près ou de loin. (Cf. **Annexe 5**).

### **5.2.2 Actions menées sur le GMP fonctionnant à l'huile de pourghère.**

Cette expérimentation comporte deux volets :

- ✓ Les actions menées sur le GMP proprement dit :
  - Les modifications des moteurs de GMP ;
  - Les suivis sur le terrain ;
  - Les tests spécifiques.
- ✓ Les actions menées sur la presse d'extraction de l'huile de pourghère qui accompagne accessoirement les GMP :
  - L'acquisition des presses et certaines modifications qui y sont apportées ;
  - Le ramassage des graines de pourghère et les tests de pressage ;
  - La formation des irrigants pilotes à l'utilisation de la presse ;
  - La valorisation du sous-produit des graines de pourghère (tourteau).

#### **Les modifications des moteurs de GMP.**

Au total cinq moteurs de GMP ont été modifiés et placés en test sur cinq sites différents. La première modification a eu lieu en septembre 2000 sur un moteur de 10 cv. Les quatre autres modifications qui ont suivi ont été effectuées sur des moteurs de 5 cv. Pour chacun des GMP un chariot a été confectionné afin de faciliter l'installation sur le site.

Il faut noter que tous ces moteurs sont de marque Rhino.

#### **Les suivis sur le terrain.**

Les suivis ont concerné :

- L'influence de l'huile de pourghère sur le fonctionnement du moteur : jusqu'ici aucun effet néfaste directement lié à l'huile de pourghère n'est constaté sur les moteurs.
- Les suivis des problèmes mécaniques : (pas uniquement dus à l'influence de l'huile de pourghère). Ainsi sur les sites de Bérégadougou et de Diaradougou il y a eu quelques pannes sur les moteurs. Ces problèmes n'étaient pas dus à l'huile de pourghère. En effet ces pannes étaient au niveau de ressort de soupapes qui se sont cassés et du graissage mécanique qui s'effectuait mal.
- Les relevés quotidiens des temps de fonctionnement des moteurs et leurs consommations en gasoil et en huile de pourghère : Des fiches ont été remises aux irrigants pilotes pour l'enregistrement de ces relevés. (Cf. **Annexe 6**).

### ***Les tests spécifiques.***

Ils ont consisté à faire des mesures comparatives entre :

- D'une part des consommations horaires en l'huile de pourghère et celles en gasoil ;
- D'autre part les débits donnés par la pompe lorsque le moteur fonctionne à l'huile de pourghère et au gasoil.

### ***L'acquisition des presses et certaines modifications.***

Quatre presses manuelles ont été achetées au Sénégal et au Mali (prix de 125 à 150.000 FCFA) pour le test de pressage de graines de pourghère et pour être utilisées par les producteurs pour leur propre utilisation dans le cadre du test. A l'issue des premiers tests de pressage les rendements obtenus étaient jugés bas par rapport à des rendements déjà obtenus au Sénégal. Certaines hypothèses ont été faites pour améliorer les rendements. Ainsi l'inclinaison du manche de la presse a été modifiée afin d'augmenter la course du piston. De même le volume de la cage de pressage a été augmenté. Ces modifications ont été testées mais elles n'ont pas donné des résultats satisfaisants.

### ***Le ramassage des graines de pourghère et les tests de pressage.***

Dans l'expérimentation des GMP fonctionnant à l'huile de pourghère il était prévu qu'une partie de l'huile devait être fournie aux irrigants pilotes. C'est pourquoi au cours de deux campagnes de l'expérimentation le projet a procédé au ramassage des graines de pourghère en l'achetant auprès des paysans au prix de 50F à 75F le kilogramme de graines décortiquées. Ainsi plus de 3 tonnes de graines ont achetées et pressées. La quantité totale d'huile raffinée obtenue est d'environ 571 litres.

De même plusieurs tests ont été effectués sur :

- Les rendements des graines de pourghère en huile raffinée.
- Le rendement de la presse : la quantité de graines que l'on peut presser par jour.

### ***La formation des irrigants pilotes à l'utilisation de la presse.***

Les irrigants pilotes devront eux-mêmes fournir une partie de l'huile pour le fonctionnement des GMP. Ils ont été à cet effet formés à l'utilisation de la presse.

### ***La valorisation du sous-produit des graines de pourghère (le tourteau).***

Il a été suggéré que le tourteau de graines pressées puisse être valorisé en l'utilisant comme fertilisant. Ainsi le tourteau a été remis à trois maraîchers afin qu'ils le testent sur leur parcelle.

#### **5.2.3 Actions menées sur le GMP à éjecteur venturi.**

Ces actions se sont limitées à la fabrication et au test des deux premiers prototypes. En effet deux prototypes ont été fabriqués et testés sur un puits. Le résultat a été négatif car de deux prototypes, aucun n'a donné le moindre débit. L'expérimentation sur cette pompe n'a pas continué.

## VI PRINCIPAUX RESULTATS HYDRAULIQUES.

### 6.1 Résultats sur les pompes Nafa.

#### 6.1.1 Pompes Nafa aspirante refoulante.

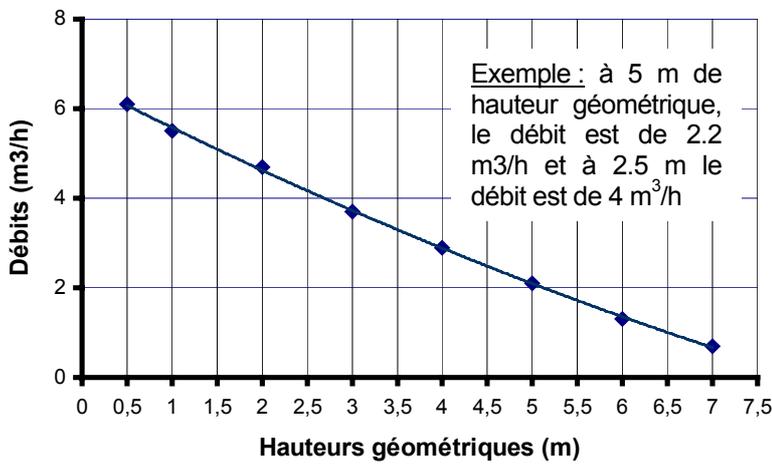
Les tests ont permis d'établir les caractéristiques hydrauliques de ces pompes à pédales.

#### Résultats.

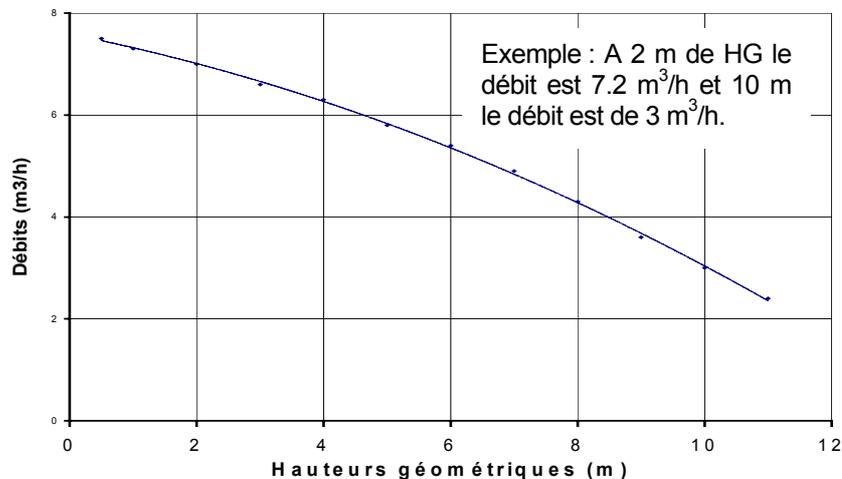
Les résultats annoncés pour cette pompe sont ceux obtenus avec les tests sur le banc d'essai.

#### Courbes de débits IHMT.

**Graphique 1:** Courbes hauteur/débits de la pompe aspo-refo classique (1 seul opérateur -65kg-pédale).



**Graphique 2:** Courbes hauteurs/débits de la pompe aspo-refo classique (2 opérateurs-65 et 63kg).



Ces résultats permettent de simuler les superficies irrigables par la pompe.

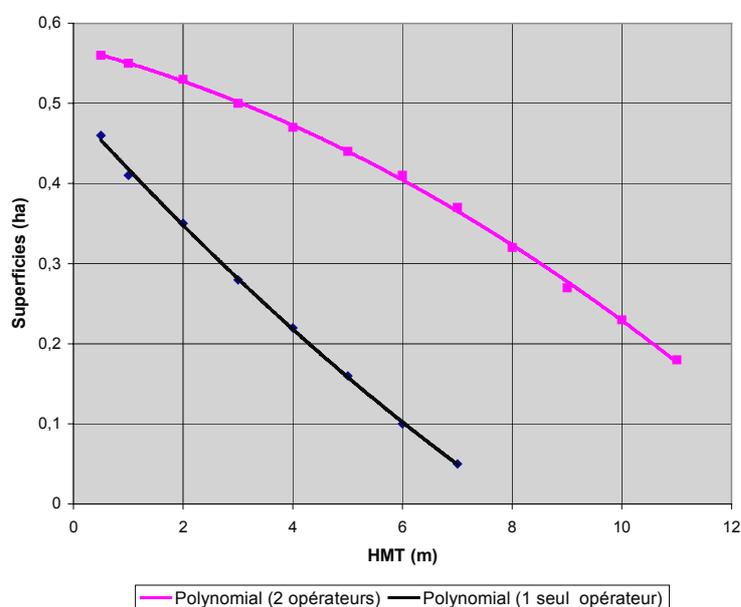
### Simulation des superficies irrigables par la pompe en fonction de la HMT.

Les résultats des mesures de débits permettent de calculer les superficies irrigables en maraîchage par la pompe en partant des hypothèses suivantes :

- ✓ Besoins journaliers en maraîchage = 8mm, soit 8l/m<sup>2</sup> ;
- ✓ Duré journalière de l'arrosage = 6h ;

	HMT (m)	0,5	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1 seul opérateur pédale	Débit moyen (m <sup>3</sup> /h)	6,1	5,5	4,7	3,7	2,9	2,1	1,3	0,7	0	0	0	0
	Superficie irrigable (ha)	0,46	0,41	0,35	0,28	0,22	0,16	0,10	0,05	0	0	0	0
2 opérateurs pédalent.	Débit moyen (m <sup>3</sup> /h)	7,5	7,3	7	6,6	6,3	5,8	5,4	4,9	4,3	3,6	3	2,4
	Superficie irrigable (ha)	0,56	0,55	0,53	0,50	0,47	0,44	0,41	0,37	0,32	0,27	0,23	0,18

Graphique 3: Courbes HMT/Superficies irrigables de la pompe "nafa" aspirante et refoulante



### Conditions d'utilisation.

Cette pompe a une profondeur maximale d'aspiration d'environ 8m et une hauteur de refoulement maximum de 8m. Elle peut cependant refouler à 150 m en terrain plat. Le débit maximum de la pompe est de 6 à 8 m<sup>3</sup>/h suivant le nombre de personnes (une ou deux personnes) qui pédalent. Elle peut donc être utilisée pour l'exhaure des eaux souterraines (puits, forages) et des eaux de surface dont le niveau d'aspiration reste inférieur à 8m.

**Conclusion :** On peut irriguer de 0,1 ha dans des conditions difficiles à 0,5 ha dans des conditions excellentes (faible hauteur géométriques) avec cette pompe. Il faut cependant retenir que sur le terrain les superficies moyennes sont plutôt de l'ordre de 0,25 ha (résultats des suivis de terrain et des enquêtes de mesure d'impact).

## 6.1.2 Pompe Nafa aspirante simple.

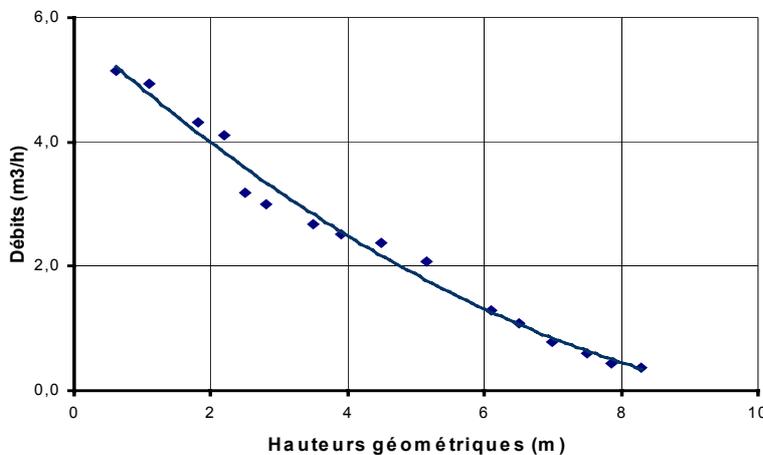
### Résultats.

Les suivis effectués sur cette pompe ont permis de la mettre au point. Ils ont permis aussi de se rendre compte que les maraîchers ont un engouement certain pour cette pompe. Au vu de tout cela la pompe est passée en diffusion commerciale.

Quant aux mesures sur banc d'essai elles ont permis de la connaissance des caractéristiques hydrauliques (courbes débits / HMT).

### Courbes de débits /HMT.

**Graphique 4: Courbe hauteurs/débits de la petite pompe aspirante simple**



### Superficies irrigables

Ces résultats permettent de simuler les superficies irrigables par la pompe.

### Simulation des superficies irrigables par la pompe en fonction de la HMT.

Les résultats des mesures de débits permettent de calculer les superficies irrigables en maraîchage par la pompe en partant des hypothèses suivantes :

- ✓ Besoins journaliers en maraîchage = 8mm, soit 8l/m<sup>2</sup> ;
- ✓ Duré journalière de l'arrosage = 6h ;

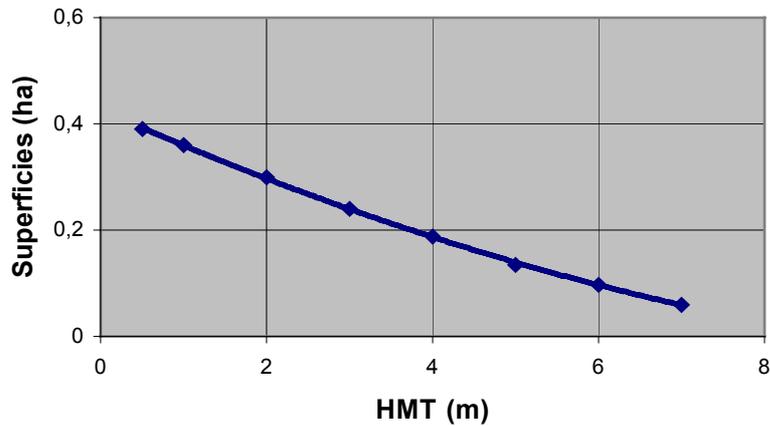
	HMT (m)	0,5	1	2	3	4	5	6	7
1 seul opérateur pédale	Débit moyen (m3/h)	5,2	4,8	4	3,2	2,5	1,8	1,3	0,8
	Superficie irrigable (ha)	0,39	0,36	0,30	0,24	0,19	1,13	0,1	0,06

### Conditions d'utilisation

Cette pompe a une profondeur maximum d'aspiration d'environ 8m . Elle peut être utilisée aussi bien sur les eaux de surface que souterraines (forages, puits, lacs ou barrages) dont la

profondeur, c'est-à-dire la distance verticale séparant l'axe du tuyau de refoulement à la pompe, reste inférieure ou égale à 8 m. Quant à sa hauteur de refoulement elle est nulle, c'est-à-dire qu'elle ne peut pas mettre l'eau sous pression. Ceci limite son utilisation pour l'arrosage des terrains où il est possible de faire une irrigation gravitaire pure.

**Graphique 5: courbe HMT/superficies irrigables de la pompe "nafa" aspirante simple.**



**Comparaison des résultats du banc d'essai et ceux de terrain.**

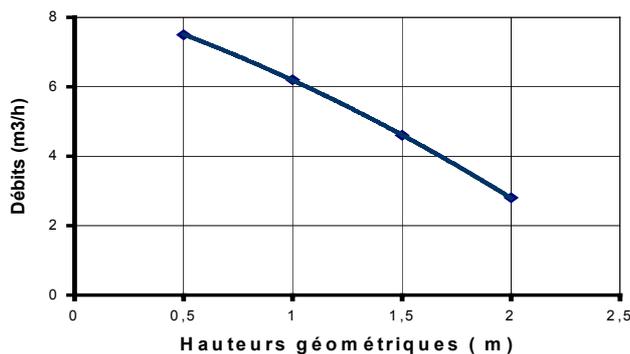
- Les débits moyens obtenus sur les terrains sont de l'ordre de 4,5 à 5,3m<sup>3</sup>/h. Ces résultats correspondent à ceux obtenus sur le banc d'essai aux HMT comprises entre 1,8 m et 5,2 m. Ce qui s'explique par le fait que toutes les pompes étaient placées sur un lac où les profondeurs d'aspirations étaient très faibles.
- Les superficies exploitées étaient comprises entre 0,07 à 0,64ha avec une moyenne de 0,21ha. Ces superficies sont pour la plupart conformes aux superficies simulées. Cependant la superficie de 0,64ha doit être considérée comme une valeur extrême.

**6.1.3 La pompe Nafa grand débit.**

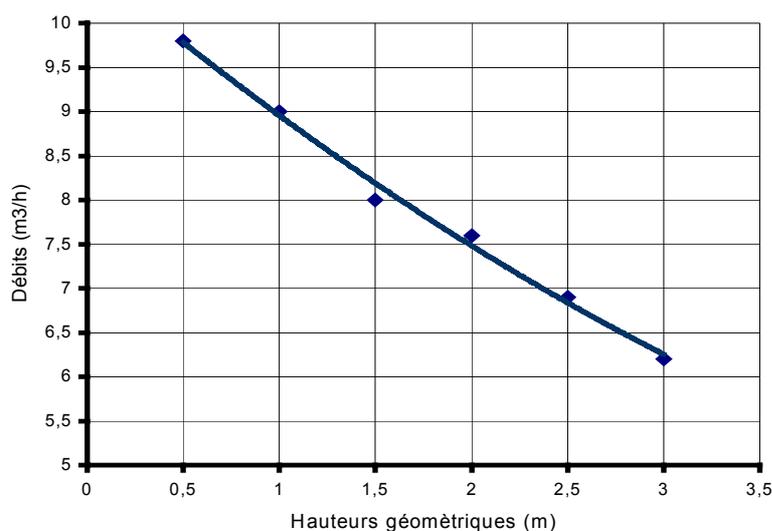
**Résultats.**

Les tests ont permis d'établir les caractéristiques hydrauliques de ces pompes à pédales.

**Graphique 6: Courbes hauteurs/débits de la pompe aspo-refo grand débit ( 1 seul opérateur- 65kg - pédale)**



**Graphique 7 : Courbes hauteurs/débits de la pompe aspo-refo grand débit ( 2 opérateurs- 65 et 63 kg)**



### **Superficies irrigables**

Ces résultats permettent de simuler les superficies irrigables par la pompe.

### **Simulation des superficies irrigables par la pompe en fonction des la HMT.**

Les résultats des mesures de débits permettent de calculer les superficies irrigables en maraîchage par la pompe en partant des hypothèses suivantes :

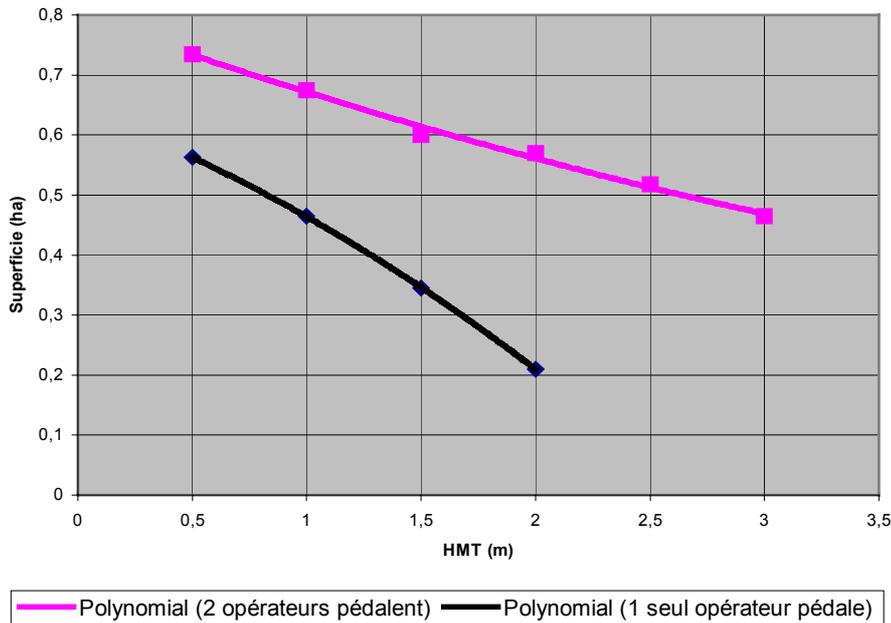
- ✓ Besoins journaliers en maraîchage = 8mm, soit 8l/m<sup>2</sup> ;
- ✓ Duré journalière de l'arrosage = 6h ;

	HMT (m)	0,5	1	1,5	2	2,5	3
1 seul opérateur pédale	Débit moyen (m <sup>3</sup> /h)	7,5	6,2	4,6	2,8		
	Superficie irrigable (ha)	0,56	0,47	0,35	0,21		
2 opérateurs pédalent.	Débit moyen (m <sup>3</sup> /h)	9,8	9	8	7,6	6,9	6,2
	Superficie irrigable (ha)	0,74	0,68	0,6	0,57	0,52	0,47

### **Conditions d'utilisation**

Cette pompe a une profondeur maximale d'aspiration comprise entre 2 m et 3 m suivant le poids des opérateurs. Elle est plutôt indiquée pour des eaux de surface (barrages, mares...). Quant à sa hauteur de refoulement elle pratiquement plus faible que celle de la Nafa aspirante – refoulante, compte tenu de la puissance nécessaire.

Graphique 8: courbes HMT/Superficie de la pompe "nafa" grand aspo-refo grand débit



#### 6.1.4 La pompe Nafa de profondeur.

##### **Résultats.**

Les suivis sur une campagne ont abouti à :

- Abandon du modèle bi-cylindres : l'usure rapide des pistons en cuirs et le montage/démontage fastidieux du modèle bi-cylindres (donc entretien difficile) ont en effet incité à abandonner ce modèle au profit du modèle monocylindre.
- D'autres avantages sont à signaler pour le modèle monocylindre :
  - Il peut être utilisé sur des forages contrairement aux bi-cylindres dont l'encombrement ne permet pas une installation sur forage ;
  - Il est de plus faible coût à cause notamment des quantités de matériaux qui sont moindres par rapport à ceux utilisés dans les bicylindres.
- Mise au point de la conception du modèle monocylindre au regard des insuffisances néanmoins constatées sur ce modèle : pannes de clapets, usure des cuirs. Des tests complémentaires ont été ainsi menés sur le modèle monocylindre ; ils ont porté sur la comparaison entre deux diamètres de la tuyauterie constituant le corps de pompe (diamètre 90mm et 63mm). En effet il a été constaté des difficultés de pompage pour des profondeurs importantes (supérieures à 15 m) lorsque le diamètre de la tuyauterie est de 90mm. Ces difficultés de pompage sont amoindries lorsque ce diamètre est ramené à 63 mm. De même les résultats des tests conduits pour voir les variations de débit entre les deux diamètres montrent la différence, lorsque passe du diamètre 90 mm au diamètre 63 mm, est peu significative ; en cela engendre en moyenne une diminution de débit de l'ordre de 9%.

Enfin, c'est le modèle monocylindre avec un diamètre de 63 mm (corps de pompe) qui est retenu pour la commercialisation. Il faut noter que le diamètre à l'aspiration est toujours en PVC de 50 mm.

- Les mesures de débit sur le banc d'essais non pas pu être effectuées pour la pompe profondeur à cause de son encombrement qui ne permet pas son installation sur le banc d'essais. Ces mesures ont cependant été effectuées sur le terrain. Pour des profondeurs variant entre 8m et 18m, on a obtenu une plage de débits compris entre 3,5 m<sup>3</sup> / h à 1, 5 m<sup>3</sup> / h. Les débits sont certes fonction de la profondeur, mais ils dépendent plus du rythme de l'opérateur qui pédale que de la profondeur.

### Conditions d'utilisation

Les pompes de profondeur ne sont pas indiquées pour des eaux de surface. Elles sont conseillées pour des puits ou forages dont le niveau d'eau se trouve à des profondeurs comprises entre 8 et 18 m.

#### 6.1.5 Pompes Nafa manuelle.

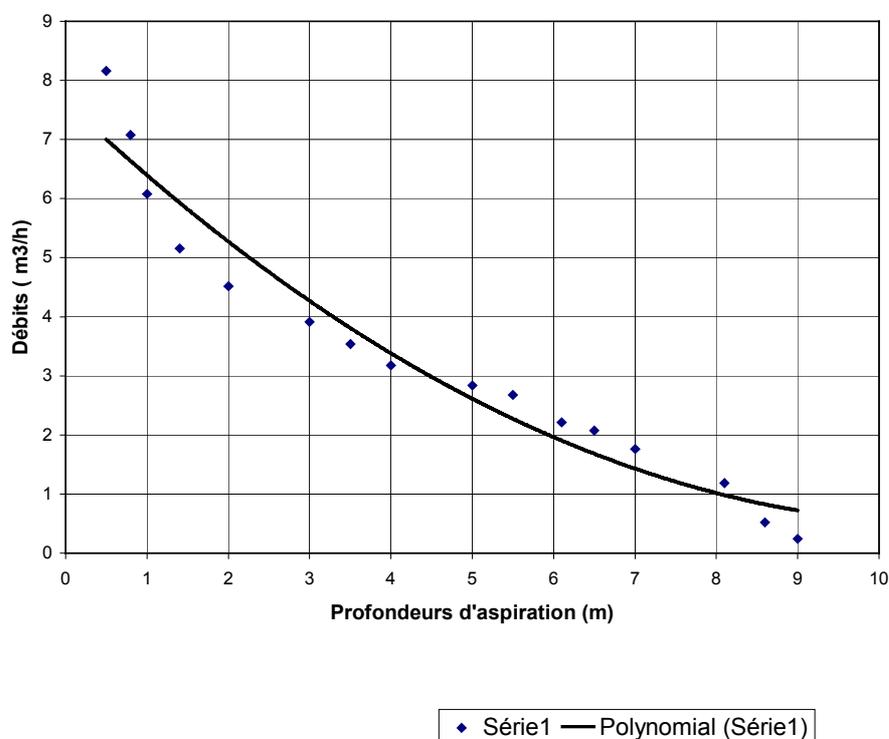
Les tests ont permis d'établir les caractéristiques hydrauliques de ces pompes à pédales.

#### Résultats.

Les résultats annoncés pour cette pompe sont ceux obtenus avec les tests sur le banc d'essai.

#### Courbes de débits IHMT.

**Graphique 9** : Courbe hauteurs/volumes de la pome Nafa manuelle.



## Superficies irrigables

Ces résultats permettent de simuler les superficies irrigables par la pompe.

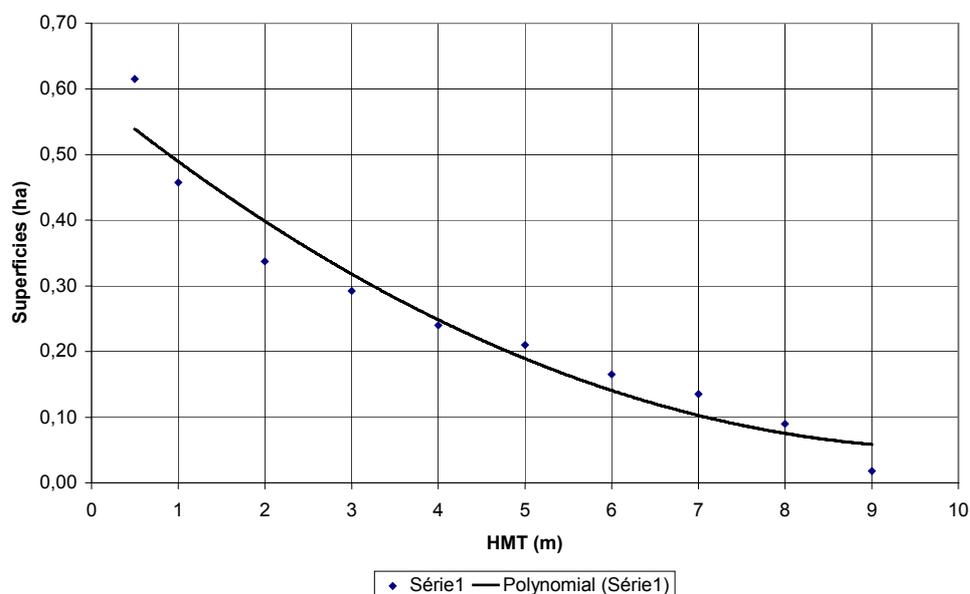
### Simulation des superficies irrigables par la pompe en fonction de la HMT.

Les résultats des mesures de débits permettent de calculer les superficies irrigables en maraîchage par la pompe en partant des hypothèses suivantes :

- ✓ Besoins journaliers en maraîchage = 8mm, soit 8l/m<sup>2</sup> ;
- ✓ Duré journalière de l'arrosage = 6h ;

HMT(m)	0,5	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Débit moyen (m <sup>3</sup> /h)	8,2	6,1	4,5	3,9	3,2	2,8	2,2	1,8	1,2	0,24
Superficie irrigable (ha)	0,62	0,46	0,34	0,29	0,24	0,21	0,17	0,14	0,09	0,02

**Graphique 10:** courbe HMT/superficies irrigables de la pompe Nafa manuelle.



### Conditions d'utilisation.

Cette pompe a une profondeur maximale d'aspiration d'environ 9m et une hauteur de refoulement nulle. Elle peut donc être utilisée pour l'exhaure des eaux souterraines (puits, forages) et des eaux de surface dont le niveau d'aspiration reste inférieur à 9m.

**Conclusion :** On peut irriguer de 0,02 ha dans des conditions difficiles à 0,62 ha dans des conditions excellentes (faible hauteur géométriques) avec cette pompe. Il n'y a pas eu de suivi de terrain pour cette pompe ; on ne connaît donc pas les superficies moyennes pratiquement mises en valeur avec ce modèle.

### 6.1.6 Pompes Nafa aspirante refoulante compacte.

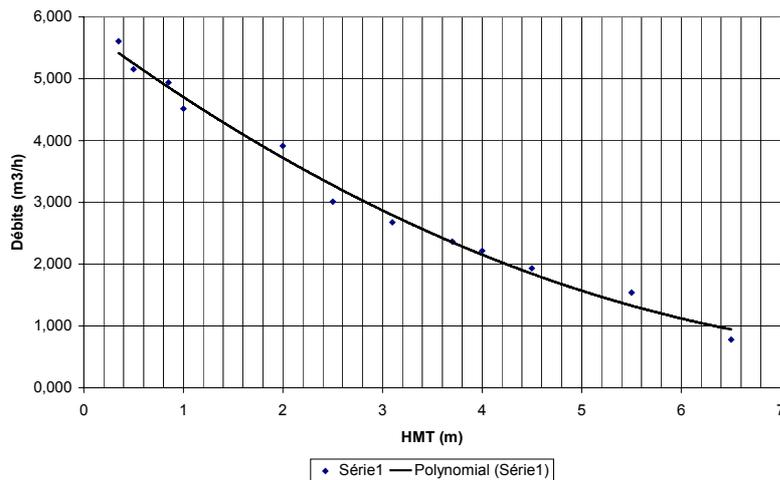
Les tests ont permis d'établir les caractéristiques hydrauliques de ces pompes à pédales.

## Résultats.

Ce modèle n'a pas fait l'objet de suivi sur le terrain ; les résultats annoncés pour cette pompe sont ceux obtenus avec les tests sur le banc d'essai.

## Courbes de débits IHMT.

**Graphique 11** : Courbe hauteurs/volumes de la pompe Nafa aspirante refoulante compacte



## Superficies irrigables

Ces résultats permettent de simuler les superficies irrigables par la pompe.

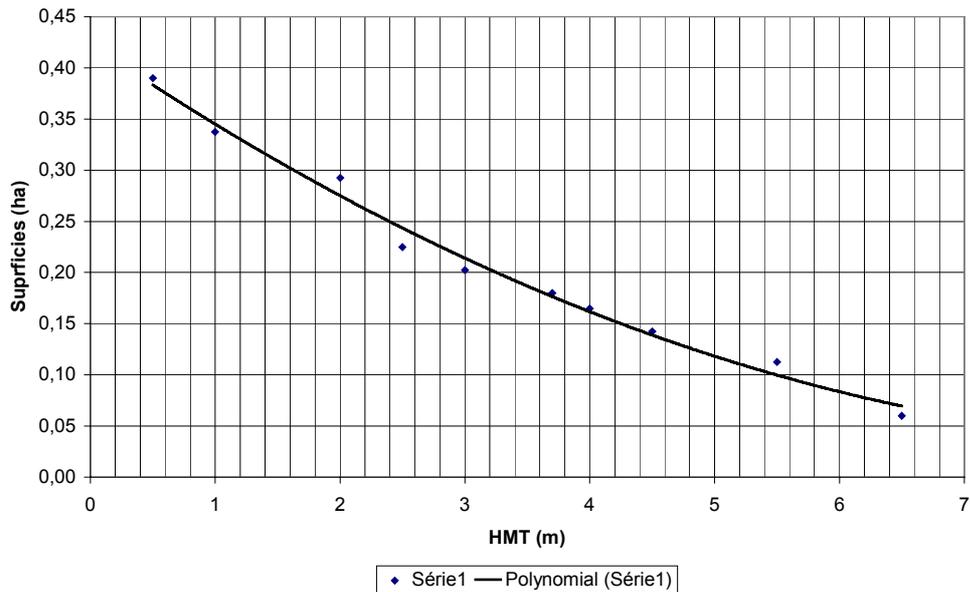
### Simulation des superficies irrigables par la pompe en fonction de la HMT.

Les résultats des mesures de débits permettent de calculer les superficies irrigables en maraîchage par la pompe en partant des hypothèses suivantes :

- ✓ Besoins journaliers en maraîchage = 8mm, soit  $8l/m^2$  ;
- ✓ Durée journalière de l'arrosage = 6 h ;

<b>HMT (m)</b>	0,5	1	2	2,5	3	3,7	4	4,5	5,5	6,5
<b>Débits ( m<sup>3</sup>/h)</b>	5,2	4,5	3,9	3	2,7	2,4	2,2	1,9	1,5	0,8
<b>Superficies irrigables (ha)</b>	0,39	0,34	0,29	0,23	0,20	0,18	0,17	0,14	0,11	0,06

**Graphique 12:** courbe HMT/superficies irrigables de la pompe Nafa aspirante refoulante compacte



### **Conditions d'utilisation.**

Cette pompe a une profondeur maximale d'aspiration d'environ 7m et une hauteur de refoulement maxi de 7m également. Elle peut donc être utilisée pour l'exhaure des eaux souterraines (puits, forages) et des eaux de surface dont le niveau d'aspiration reste inférieur à 7 m.

Conclusion : On peut irriguer de 0,06 ha dans des conditions difficiles à 0,39 ha dans des conditions excellentes (faible hauteur géométriques) avec cette pompe. Il n'y a pas eu de suivi de terrain pour cette pompe ; on ne connaît donc pas les superficies moyennes pratiquement mises en valeur avec ce modèle.

## **6.2 Résultats sur les GMP modifiés.**

### **6.2.1 Motopompes à hélices**

#### **Motopompe à hélices sur moteur 3.5 CV**

##### **Relation débit / HMT**

Pour chaque vitesse de rotation, on a mesuré le débit de la motopompe selon différentes hauteurs de pompage et différentes hélices. Le résultat de ces mesures est porté sur les graphiques 9 et 10 ci-après.

Ces graphiques montrent que :

- ☞ Le débit est très dépendant de la vitesse de rotation du moteur,
- ☞ Une vitesse de rotation basse (accélérateur à la position minimum) induit des débits nuls,

☞ Selon la vitesse, les débits sont variables avec le type d'hélice et la hauteur géométrique totale.

☞ Les performances maximales sont résumées dans le tableau suivant :

VITESSE	MOYENNE		MAXIMALE		Performances par rapport à la pompe centrifuge à Vmax	
	Débit	HMT(m)	Débit	HMT(m)	Qp/Qc	Hp/Hc
2P/40/50/45	35	1	65	1.2	2	0.12
2P/29/38/45	31	1	60	1.2	1.94	0.08
2P/40/53/45	37	1	45	1	1.45	0.06
3P/37/44/45	40	1.1	48	0.8	1.55	0.07

*(Qc et Hc sont les performances maximales de la pompe centrifuge et sont égales à 31 m<sup>3</sup> /h et 28 m pour la motopompe Robin 3.5 CV).*

Nous avons voulu nous faire une idée sur l'influence du mouvement de l'eau à la sortie de l'hélice sur les performances de la pompe. En effet, l'eau sort en tourbillon ce qui ne peut se faire sans influence sur les performances. Nous avons essayé de rendre ce mouvement rectiligne en plaçant une lame de 9/10° d'épaisseur et 1 m de longueur à travers le diamètre dans un premier temps et dans un second à travers le rayon, mais dans les deux cas, en restant perpendiculaire à l'écoulement.

Ce dispositif a permis d'améliorer les performances de la pompe à hélice 2P/40/50/45 à la vitesse moyenne mais, à la vitesse maximale elles sont restées fixes dans certains cas et ont diminué dans d'autres.

Ainsi, nous avons les variations suivantes :

VITESSE	Vitesse moyenne				Vitesse maximale			
	Débit (m <sup>3</sup> /h)	Δq/q	HMT (m)	ΔHMT/HMT	Débit (m <sup>3</sup> /h)	Δq/q	HMT (m)	ΔHMT/HMT
Sectionnement diagonal du tuyau de refoulement	37	+6%	2,3	+15%	64	-1.5%	2.8	-15%
Sectionnement radial du tuyau de refoulement	40	+14%	2,3	+15%	65	0%	3.1	-6%

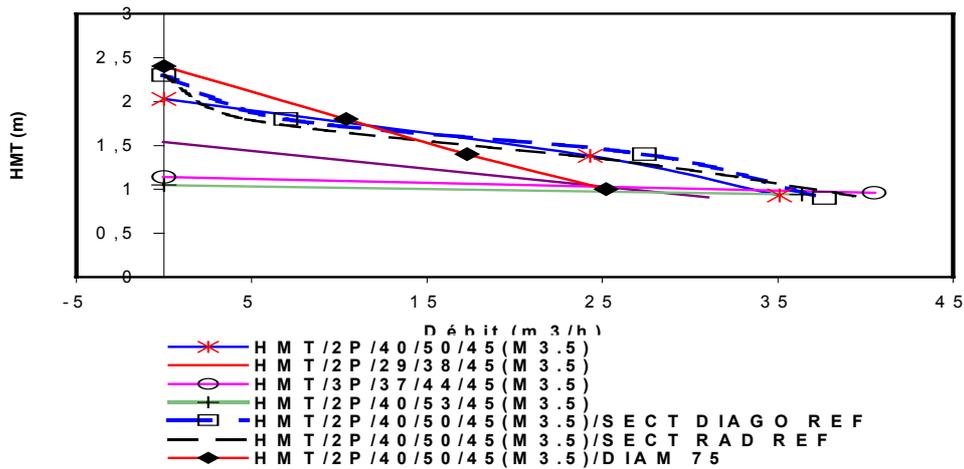
La HMT est la somme de la hauteur d'aspiration, de la hauteur de refoulement et des pertes de charge dans les tuyaux. S'il est vrai que le débit dépend de la HMT, il est d'autant plus vrai qu'il est plus conditionné par la hauteur d'aspiration dans la mesure où les meilleurs rendements ont été enregistrés pour de faibles hauteurs d'aspiration.

La capacité d'aspiration de la pompe est de :

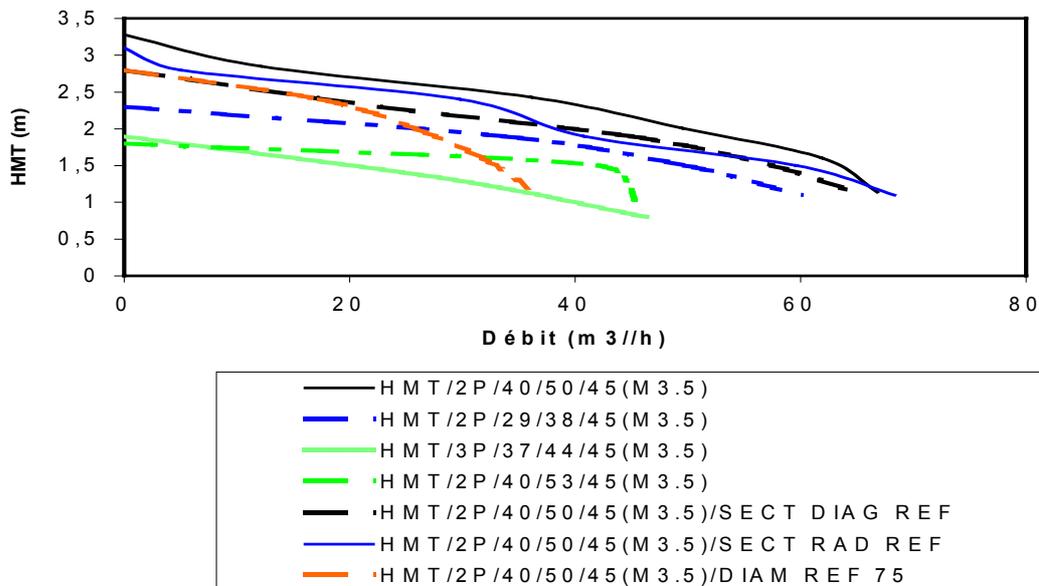
- 1.40 m : Pour la vitesse moyenne
- 1.50 m : pour la vitesse maximale

Nous n'avons pas effectué des mesures de débits lors du test de la capacité d'aspiration compte tenu de la complexité du dispositif. Cependant, pour établir un lien entre la hauteur d'aspiration et le débit, il sera intéressant d'étudier les différents rapports entre cette quantité et la hauteur de refoulement pour une même hauteur de pompage.

Graph 13: Courbes compilées HMT = f(Q) de la pompe pour différentes hélices et la vitesse moyenne



Graphique 14: Courbes compilées HMT = f(Q) de la pompe pour différentes hélices et la vitesse maximale



### Relation débit/ Consommation/ HMT

La consommation varie avec la vitesse de rotation, comme le montre les graphiques 11 et 12. Plus on tourne, plus on consomme, ceci essentiellement parce qu'on pompe plus d'eau.

La variation est donnée dans le tableau suivant :

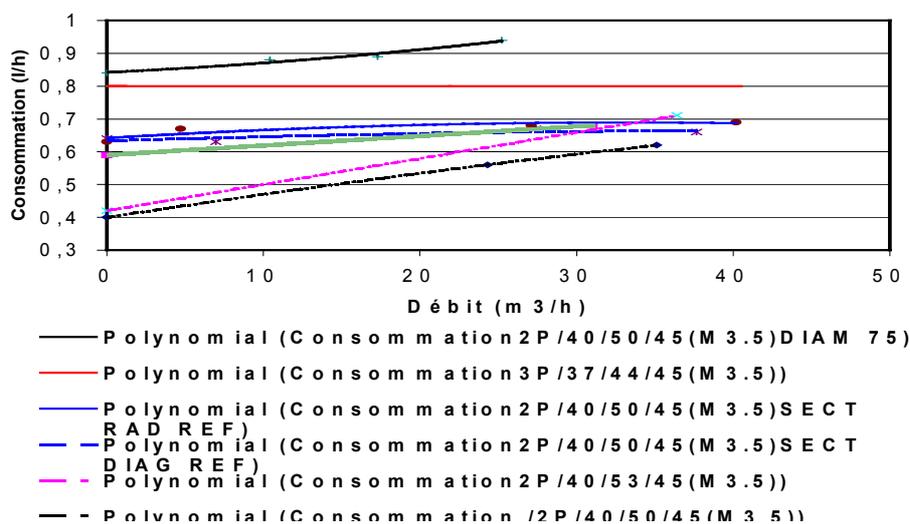
Hélices	Vitesse moyenne		Vitesse maximale	
	Consommation l/h	Rapport	Consommation l/h	Rapport
2P/40/50/45	0.40 à 0.62	1 à 1.6	1.20 à 1.40	1 à 1.2
2P/29/38/45	0.58 à 0.59	1	1.22 à 1.35	1 à 1.1
2P/40/53/45	0.79 à 0.82	1	0.90 à 0.99	1 à 1.1
3P/37/44/45	0.42 à 0.71	1 à 1.7	1.00 à 1.18	1 à 1.2

Les graphiques 13 et 14 montrent la consommation d'essence en fonction de l'énergie hydraulique restituée (produit du débit par la HMT). Les constats sont consignés dans le tableau ci-dessous :

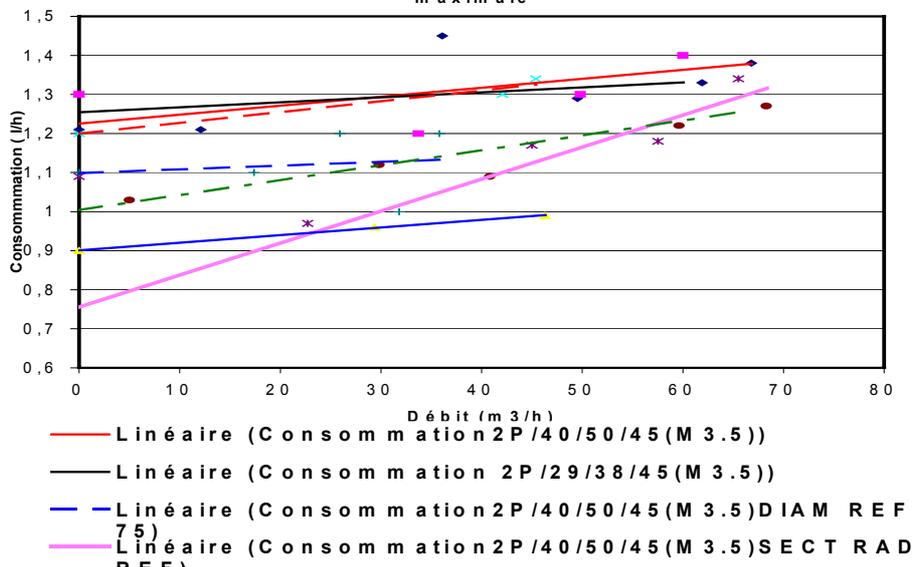
Hélices	Pente des courbes consommation f(P.hydraulique)		Observations
	Vitesse moyenne	Vitesse maximale	
2P/40/50/45	0.0057	0.0017	$\Delta\text{cons.à } v_{\text{max}} < \Delta\text{cons.à } v_{\text{moy}}$ .
2P/29/38/45	0.0085	0.0019	$\Delta\text{cons.à } v_{\text{max}} < \Delta\text{cons.à } v_{\text{moy}}$ .
2P/40/53/45	0.0009	0.0017	$\Delta\text{cons.à } v_{\text{moy}} < \Delta\text{cons.à } v_{\text{max}}$ .
3P/37/44/45	0.0012	0.0064	$\Delta\text{cons.à } v_{\text{moy}} < \Delta\text{cons.à } v_{\text{max}}$ .
2P/40/50/45/Sect.diag.ref	0.0000	0.0020	$\Delta\text{cons.à } v_{\text{moy}} < \Delta\text{cons.à } v_{\text{max}}$ .
2P/40/50/45/Sect.Rad.ref	0.0032	0.0000	$\Delta\text{cons.à } v_{\text{max}} < \Delta\text{cons.à } v_{\text{moy}}$ .

Ce tableau montre que les tendances sont partagées, donc nous éviterons d'en tirer de trop rapides conclusions à propos du rendement par rapport à vitesse de rotation et donc par rapport au débit. Il serait souhaitable de poursuivre les essais pour déterminer avec plus de précision, le rendement de la motopompe à hélice aux différentes vitesses de rotation. Cela pourra permettre de se faire une idée plus précise sur la vitesse qui donnera pour une meilleure énergie hydraulique restituée, la consommation minimale ou optimale.

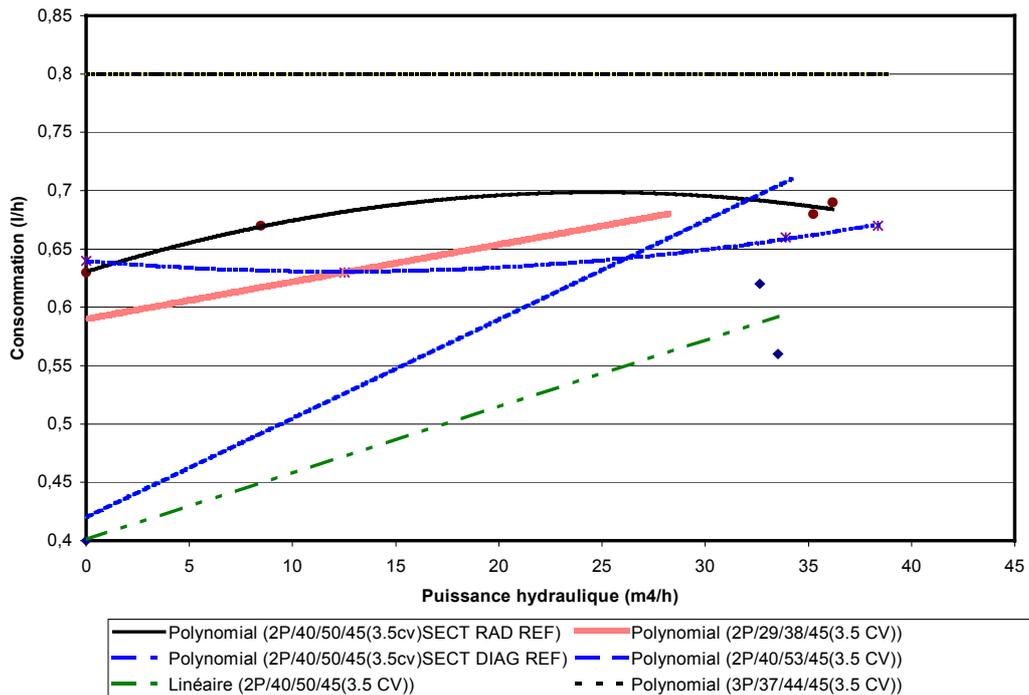
Graph 15: Courbes compilées de la consommation en f(Q) de la pompe pour différentes hélices et pour la vitesse moyenne



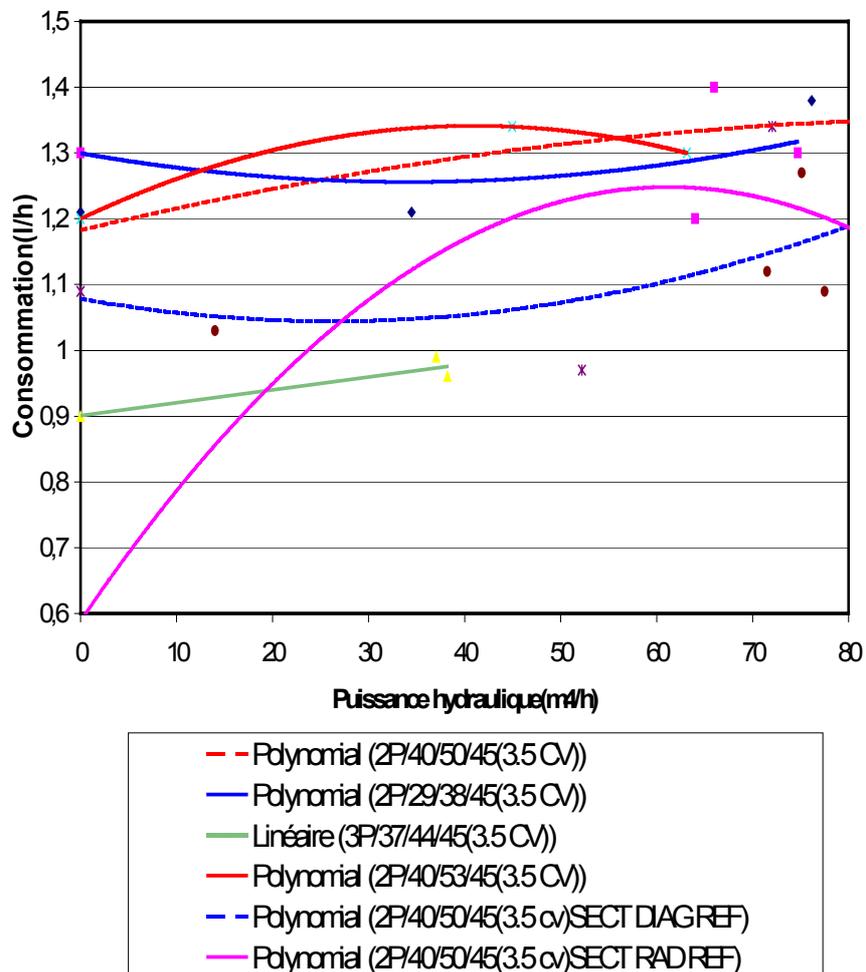
Graph 16: Courbes compilées de la consommation en f(Q) de la pompe pour différentes hélices et pour la vitesse maximale



Graph 17: Consommation en carburant selon la puissance hydraulique à la vitesse moyenne.



Graph 18: Consommation en carburant selon la puissance hydraulique à la vitesse maximale



※ Sur le plan hydraulique : Cette comparaison se fera sous la base des graphiques 15 et 16. Nous avons établi la relation entre les débits et les hauteurs géométriques totales de la pompe à hélice pour les différentes variantes et la pompe centrifuge. Il est important de préciser ici que cette comparaison n'a pas été faite sur la base des HMT, car les tests sur les pompes n'ont pas été faits avec les mêmes diamètres de tuyaux. La pompe centrifuge a 50 mm à l'aspiration comme au refoulement et pour la pompe à hélice ils sont respectivement de 125 mm et 100 mm.

En analysant les courbes les enseignements suivants peuvent être tirés :

- A. Pour des hauteurs géométriques totales comprises entre 0 et 1.80 m à la vitesse moyenne, la pompe à hélice 2P/40/50/45 sous toutes ses formes donne les meilleures performances par rapport à la pompe centrifuge. En effet pour ces hauteurs, elle donne jusqu'à 38 m<sup>3</sup>/h, tandis que la centrifuge ne dépasse guère les 25 m<sup>3</sup>/h.
- B. A la vitesse maximale et pour une HGT comprise entre 1.00 m à 1.50 m, la pompe à hélice donne des meilleurs débits avec Q<sub>ph</sub>/Q<sub>pc</sub> compris entre 1 et 2.8 selon l'hélice. Quand la HGT dépasse 1.50 m et inférieure à 3 m, seule la pompe 2P/40/50/45 offre des meilleures performances avec Q<sub>ph</sub>/Q<sub>pc</sub> compris entre 1.3 et 2. Les tableaux ci-après donnent quelques valeurs de comparaison.
- C. De façon générale, la pompe centrifuge reste plus performante que les autres pompes à hélice à la vitesse moyenne.

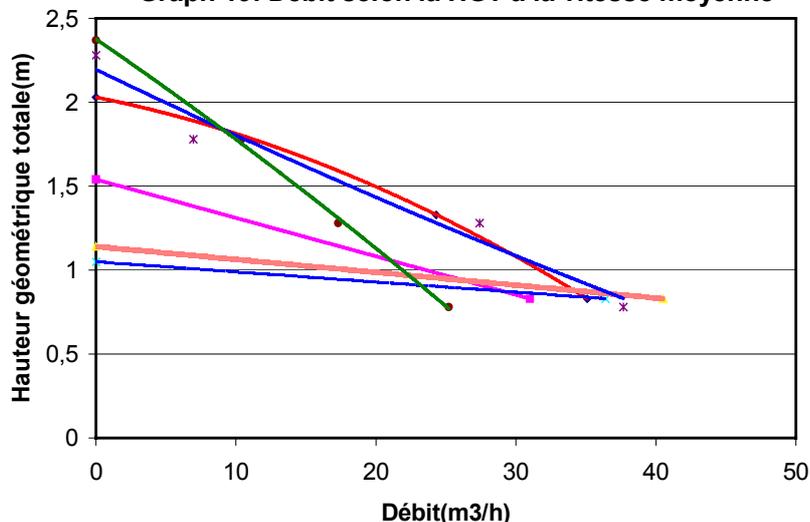
**VITESSE MOYENNE**

Motopompes	DEBIT(m <sup>3</sup> /h)			
	HGT(m)			
	1.00	1.50	1.80	2.00
Centrifuge	22.5	15	10	7.5
2P/40/50/45	35	20	10	2
2P/29/38/45	24	2	0	0
2P/40/53/45	10	0	0	0
3P/37/44/45	18	0	0	0

**VITESSE MAXIMALE**

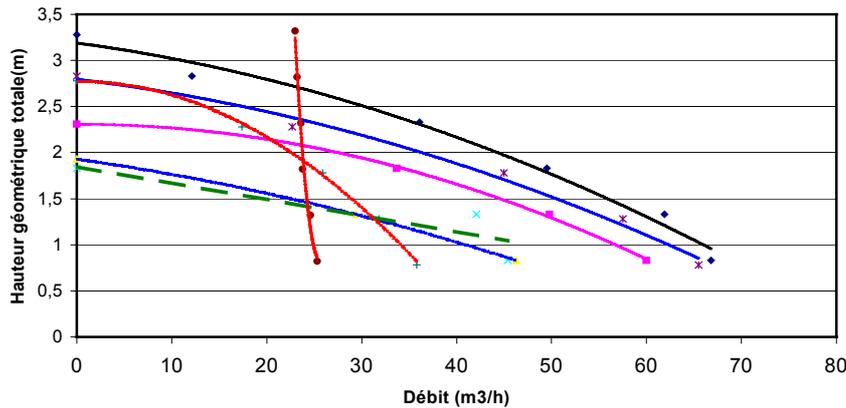
Motopompes	DEBIT(m <sup>3</sup> /h)				
	HGT(m)				
	1.00	1.50	2.00	2.50	3.00
Centrifuge	24	23.5	23.5	23.5	22
2P/40/50/45	40	22	0	0	0
2P/29/38/45	47	20	0	0	0
2P/40/53/45	58	42	28	0	0
3P/37/44/45	68	58	42	30	12

**Graph 19: Débit selon la HGT à la vitesse moyenne**



—	Polynomial (2P/40/50/45(3.5CV))
—	Polynomial (2P/29/38/45(3.5CV))
—	Polynomial (3P/37/44/45(3.5CV))
- -	Polynomial (2P/40/53/45(3.5CV))
—	Polynomial (2P/40/50/45(3.5CV)SECT DIAG REF)
—	Polynomial (POMPE Centrifuge 3.5CV)

**Graph 20: Débit selon la hauteur géométrique totale HGT à la vitesse maximale**



—	Polynomial (2P/40/50/45(3.5CV))
—	Polynomial (2P/29/38/45(3.5CV))
- -	Polynomial (3P/37/44/45(3.5CV))
—	Linéaire (2P/40/53/45(3.5CV))
—	Polynomial (2P/40/50/45(3.5CV)SECT DIAG REF)
—	Polynomial (POMPE centrifuge 3.5CV)
- -	Polynomial (2P/40/50/45(3.5CV)DIAM REF 75)

※ Sur le plan consommation en carburant (essence) : La comparaison se fera uniquement entre la pompe centrifuge et la 2P/40/50/45 qui semble offrir des meilleures performances. Les graphiques 17 et 18 montrent les courbes de consommation en fonction de la HGT pour toutes les variantes testées.

- A. De façon générale, lorsque la HGT augmente, la consommation de la pompe à hélice diminue contrairement à celle de la pompe centrifuge qui croît. Cependant, pour ce dernier nous ne tirerons pas rapidement une conclusion dans la mesure où les plages de débits dans lesquelles la pompe centrifuge a été testée, sont très limitées pour donner une courbe assez représentative. D'autre part, il serait tout à fait logique que lorsque la HGT croît, la consommation décroît car le débit diminue. Les conditions les plus défavorables pour une pompe, sous l'angle de puissance absorbée, a lieu à débit maximum. Cependant, le volume d'eau pompé par litre de carburant avec la pompe à hélices est toujours supérieur à celui de la pompe centrifuge et ce dans les conditions de HMT définies ci haut (HMT maxi = 3.5 m). Les volumes d'eau pompés se situe entre 45 et 50 m<sup>3</sup> pour la pompe à hélices alors que ceux de la pompe centrifuge oscillent entre 18 et 20 m<sup>3</sup>
- B. A la vitesse moyenne et pour des HGT supérieures à 1.5 m, la pompe à hélice consomme moins que la pompe centrifuge dans un rapport  $C_{ph}/C_{pc} = 0.75$  (ph désigne pompe à hélice et pc pompe centrifuge).

Le tableau suivant donne des éléments de comparaison à titre indicatif.

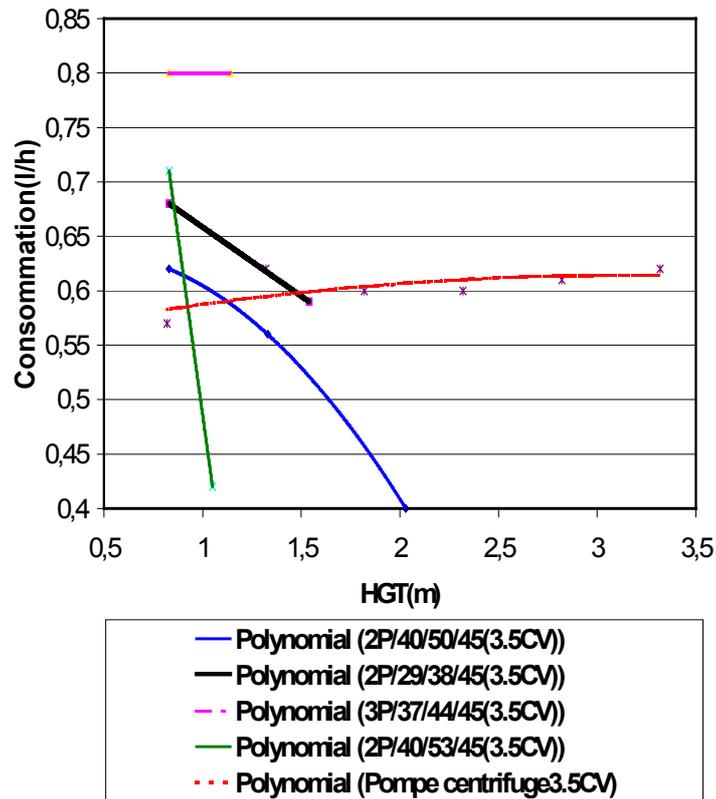
Pompe	CONSOMMATION(l/h)				
	HGT(m)				
	1.00	1.50	2.00	2.50	3.00
Centrifuge	0.58	0.60	0.61	0.62	0.62
2P/40/50/45	0.61	0.53	0.40	*	*

A la vitesse maximale et pour des HGT supérieures à 2.5 m, la pompe à hélice consomme moins que la pompe centrifuge dans un rapport  $C_{ph}/C_{pc} = 0.95$ .

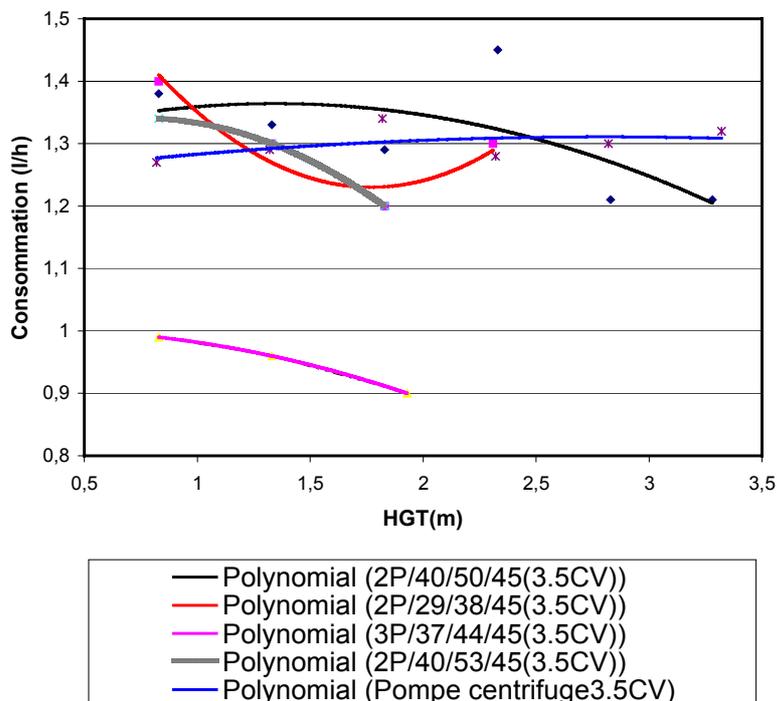
Le tableau suivant donne des éléments de comparaison à titre indicatif.

	CONSOMMATION(l/h)				
	HGT(m)				
Pompe	1.00	1.50	2.00	2.50	3.00
Centrifuge	1.28	1.30	1.30	1.31	1.31
2P/40/50/45	1.35	1.37	1.35	1.3	1.25

Graph 21: Consommation selon la HGT à la vitesse moyenne



Graph 22 : Consommation selon la HGT à la vitesse maximale



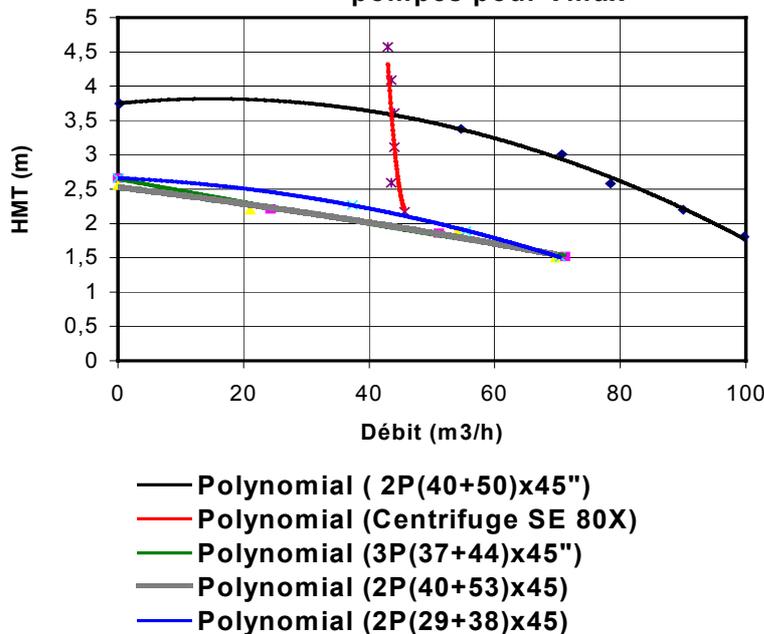
- ☞ Le débit est très dépendant de la vitesse de rotation du moteur,
- ☞ Une vitesse de rotation basse (accélérateur à la position minimum) induits des débits nuls,
- ☞ Selon la vitesse, les débits sont variables avec le type d'hélice et la hauteur géométrique totale.
- ☞ Les performances maximales sont résumées dans le tableau suivant :

VITESSE	MOYENNE		MAXIMALE		Ratio par rapport aux performances de la pompe centrifuge à Vmax	
	Débit (m <sup>3</sup> /h)	HMT(m)	Débit (m <sup>3</sup> /h)	HMT(m)	Qp/Qc	Hp/Hc
2P/40/50/45	90	1.5	100	1.75	1.7	0.12
2P/29/38/45	70	1.5	70	1.5	1.17	0.08
2P/40/53/45	70	1.5	70	1.5	1.17	0.078
3P/37/44/45	65	1.5	70	1.5	1.17	0.078

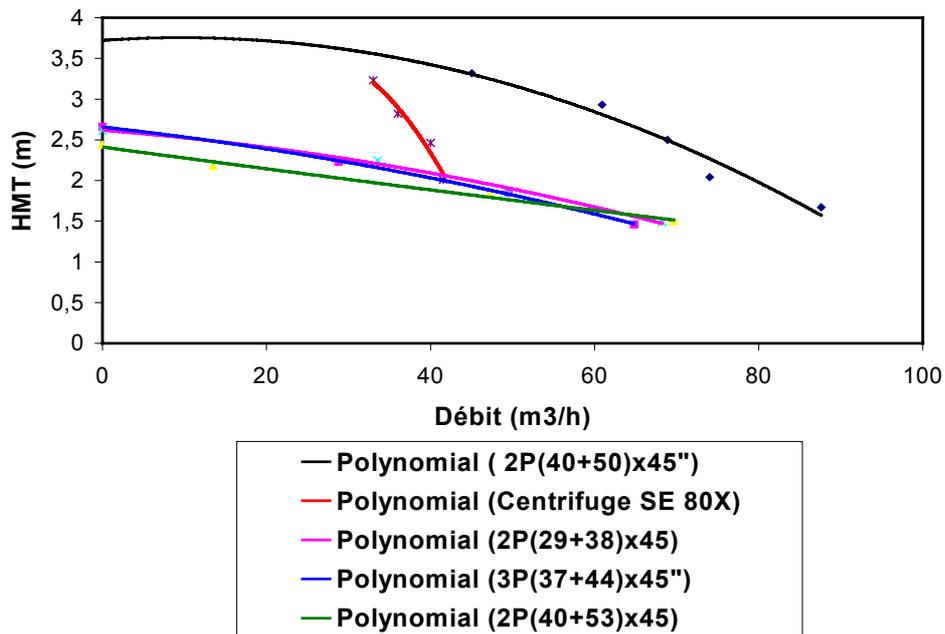
*(Qc et Hc sont les performances maximales de la pompe centrifuge et sont égales à 31 m<sup>3</sup> /h et 28 m pour la motopompe Robin 5 CV). La HMT maxi au débit nul est de 3.75 m.*

- ※ La capacité d'aspiration de la pompe à hélice est de :
  - 1.50 m : Pour la vitesse moyenne
  - 1.80 m : pour la vitesse maximale

**Graph 23 : Courbes comparatives Débits/HMT des différentes pompes pour Vmax**



**Graph 24: Courbes comparatives Débits/HMT des différentes pompes pour Vmoy**



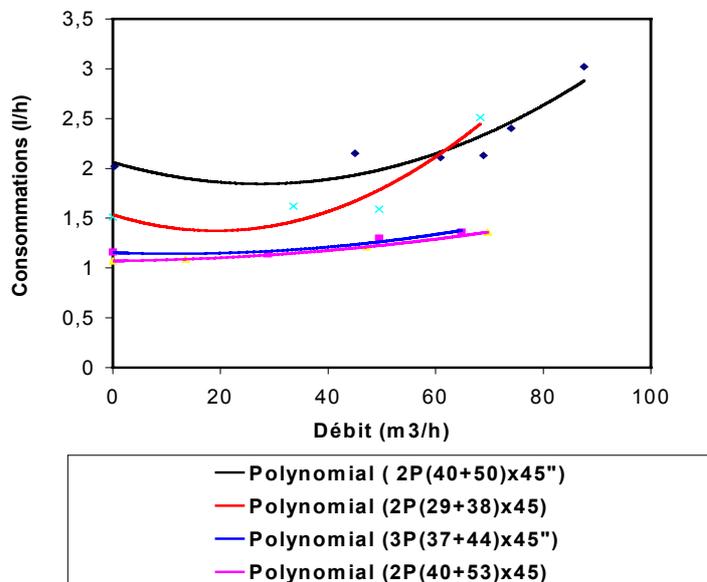
**Relation débit/Consommation/HMT**

La consommation varie avec la vitesse de rotation, comme le montre les graphiques 21 et 22. Plus on tourne, plus on consomme, ceci essentiellement parce qu'on pompe plus d'eau.

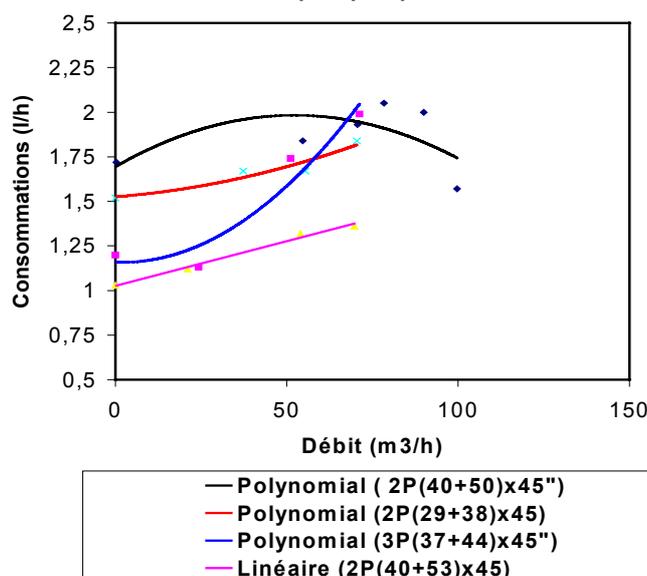
La variation de la consommation se fait comme l'indique le tableau suivant :

Hélices	Vitesse moyenne		Vitesse maximale	
	Consommation l/h	Rapport	Consommation l/h	Rapport
2P/40/50/45	1.80 à 2.55	1 à 1.4	1.76 à 1.85	1 à 1.1
2P/29/38/45	1.40 à 2.20	1 à 1.6	1.50 à 1.76	1 à 1.2
2P/40/53/45	1.10 à 1.40	1 à 1.3	1.10 à 1.90	1 à 1.7
3P/37/44/45	1.20 à 1.40	1 à 1.2	1.10 à 1.38	1 à 1.3

**Graph 25 : Courbes comparatives Débits/Consommations carburant des différentes pompes pour Vmoy**



**Graph 26 : Courbes comparatives Débits/Consommations carburant des différentes pompes pour Vmax**



Les graphiques 23 et 24 montrent la consommation d'essence en fonction de l'énergie hydraulique restituée (produit du débit par la HMT). Les constats sont consignés dans le tableau ci-dessous :

Hélices	Pente des courbes consommation f(P.hydraulique)		Observations
	Vitesse moyenne	Vitesse maximale	
2P/40/50/45	0.0014	0.0010	$\Delta\text{cons. à } v_{\text{max}} < \Delta\text{cons. à } v_{\text{moy}}$ .
2P/29/38/45	0.0059	0.0022	$\Delta\text{cons. à } v_{\text{max}} < \Delta\text{cons. à } v_{\text{moy}}$ .
2P/40/53/45	0.0026	0.0031	$\Delta\text{cons. à } v_{\text{moy}} < \Delta\text{cons. à } v_{\text{max}}$ .
3P/37/44/45	0.0018	0.0073	$\Delta\text{cons. à } v_{\text{moy}} < \Delta\text{cons. à } v_{\text{max}}$ .
Pompe centrifuge	0.0309	0.0014	$\Delta\text{cons. à } v_{\text{max}} < \Delta\text{cons. à } v_{\text{moy}}$ .

Ce tableau montre que les tendances sont partagées, donc nous éviterons d'en tirer de trop rapides conclusions à propos du rendement par rapport à vitesse de rotation et donc par rapport au débit. Il serait souhaitable de poursuivre les essais pour déterminer avec plus de précision, le rendement de la motopompe à hélice aux différentes vitesses de rotation. Cela pourra permettre de faire de lumière sur la vitesse qui donnera pour une meilleure énergie hydraulique restituée, la consommation minimale ou optimale.

En comparant les pompes entre elles, nous avons :

- Vitesse moyenne :

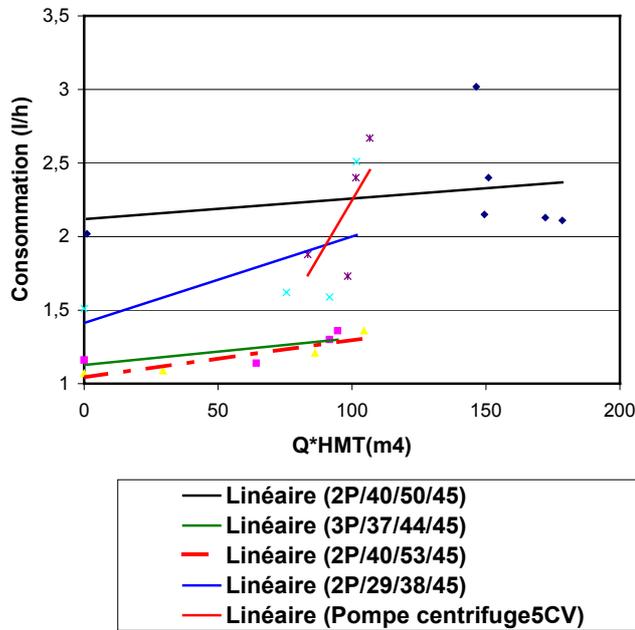
Pour des plages d'énergie hydraulique restituée de 0 à 100 m<sup>4</sup>/h, la pompe à hélice 2P/40/50/45 consomme plus que toutes les autres dans un rapport de 2. Quant à la pompe centrifuge, elle consomme moins que la pompe à hélice 2P/40/50/45 dans un rapport de 0.45 à 1 pour des énergies hydrauliques restituées de 60 à 100 m<sup>4</sup>/h.

- Vitesse maximale :

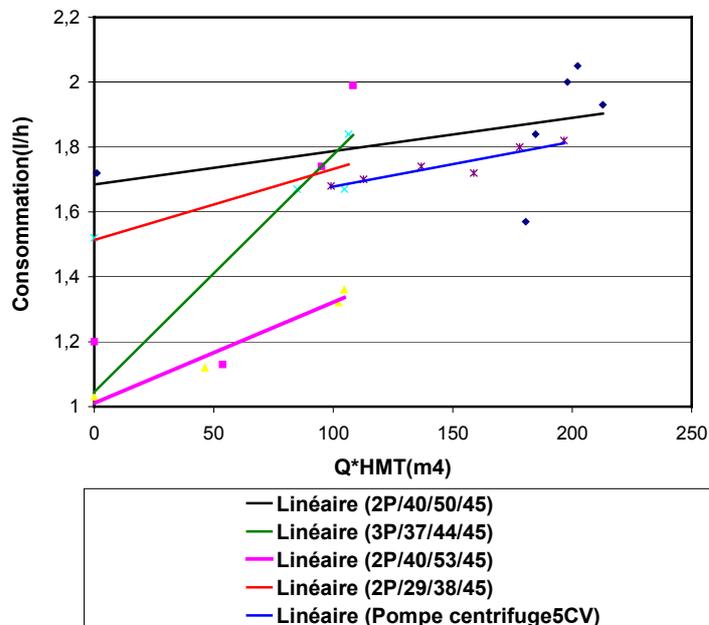
Pour des énergies hydrauliques restituées comprises entre 0 et 100 m<sup>4</sup>/h, la pompe à hélice 2P/40/50/45 consomme plus que toutes les autres pompes comme dans le cas de la vitesse moyenne, mais dans un rapport inférieur : 1.5. La pompe centrifuge consomme moins que la pompe 2P/40/50/45 dans un rapport de 0.90, pour une plage d'énergie hydraulique restituée de 0 à 200 m<sup>4</sup>/h.

En analysant les consommations entre les deux vitesses de rotation, nous pourrions dire qu'à la vitesse maximale nous enregistrons les faibles consommations. En effet, pour une même plage d'énergie hydraulique restituée, la pompe à hélice 2P/40/50/45 consomme moins à la vitesse maximale qu'à la moyenne dans un rapport de 0.8.

**Graph 27 : Consommation en fonction de l'énergie hydraulique à la vitesse moyenne**



**Graph 28 : Consommation en fonction de l'énergie hydraulique à la vitesse maximale**

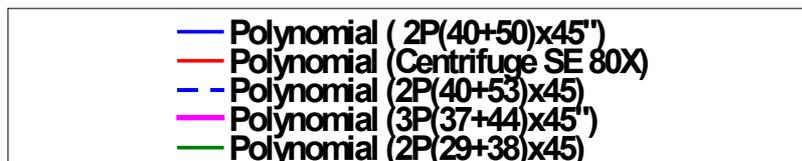
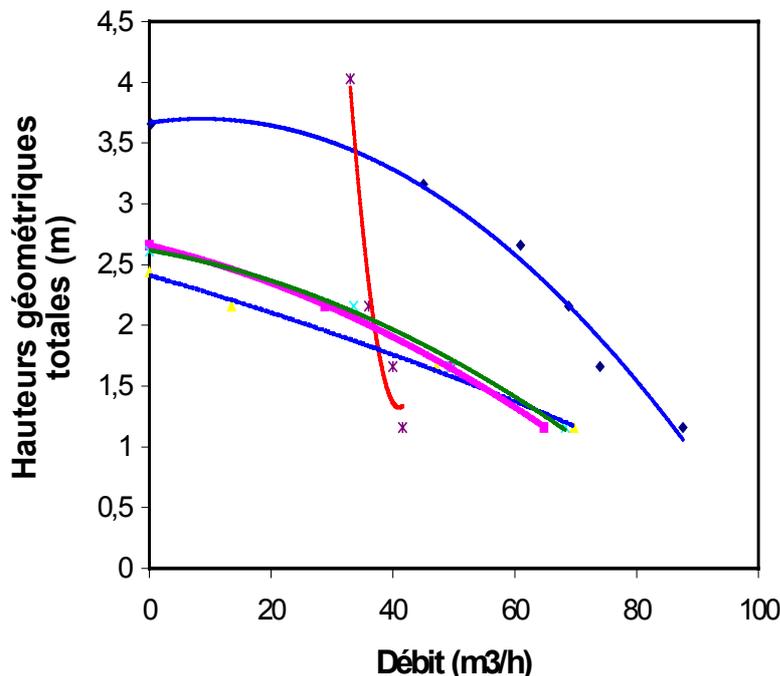


### Comparaison de la pompe à hélice et la pompe centrifuge

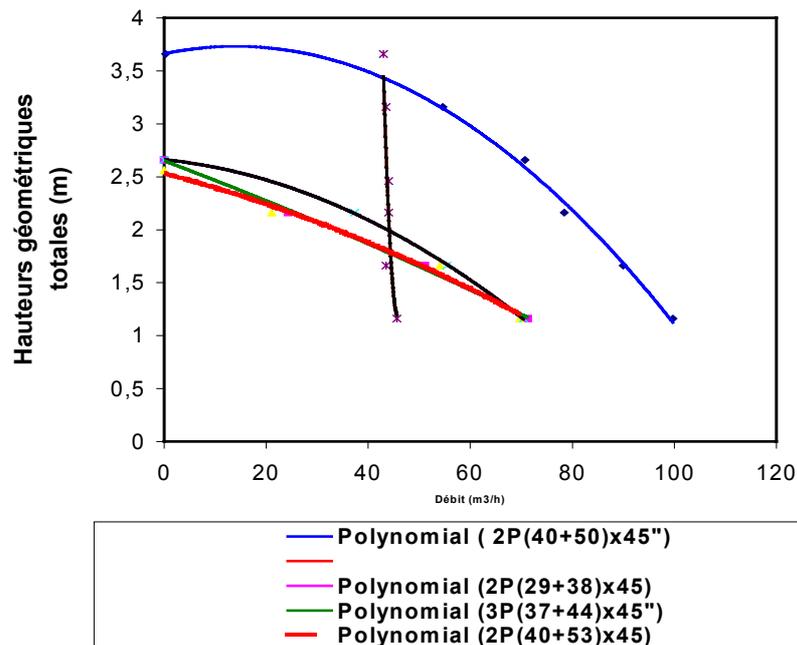
※ Sur le plan hydraulique : En analysant les graphiques 25 et 26, nous avons les conclusions suivantes :

- A. Pour la vitesse moyenne et des HGT comprises entre 1.5 et 3.5 m, la pompe à hélice 2P/40/50/45 donne une plage de débits de 33 à 80 m<sup>3</sup>/h, alors que la pompe centrifuge offre 33 à 40 m<sup>3</sup>/h maximum ; soit un rapport de 1 à 2.
- B. Pour la vitesse maximale et des HGT comprises entre 1.5 et 3.5 m, la pompe à hélice donne des débits qui varient entre 45 et 100 m<sup>3</sup>/h et la pompe centrifuge dans le même temps ne donne que 45 à 48 m<sup>3</sup>/h ; soit un rapport de 1 à 2.
- C. Enfin, de manière générale la pompe à hélice a des meilleures performances de débit que la pompe centrifuge dans des plages de HGT ne dépassant pas 3.5 m. Cependant, compte tenu que les tests sur les deux n'ont été faits avec des diamètres de tuyaux identiques, il est nécessaire de poursuivre les essais dans les mêmes conditions pour avoir avec plus de précision le rapport de débit entre les pompes.

**Graph 29 : Courbes comparatives Débits/Hauteurs géométriques des différentes pompes pour Vmoy**



**Graph 30 : Courbes comparatives Débits/Hauteurs géométriques des différentes pompes pour Vmax**



※ Sur le plan consommation en carburant (essence) : Les graphiques 27 et 28 montrent que :

- A. Pour les vitesses moyennes et des HGT inférieures à 2.5 m, la pompe centrifuge est plus économique avec des consommations n'atteignant pas 2.25 l/h, alors que celles de la pompe à hélice vont au-delà de 2.25 l/h. Lorsque la HGT dépasse 2.5 m, la pompe à hélice consomme moins que la centrifuge avec 1.8 à 2.25 l/h pour la première et 2.25 à 2.6 l/h pour la deuxième.
- B. Pour la vitesse maximale, la pompe centrifuge reste plus économique que la pompe à hélice sur toute la plage de HGT qu'elle peut admettre(3.4 m).

Le tableau ci-dessous nous donne des éléments de comparaison à titre indicatif.

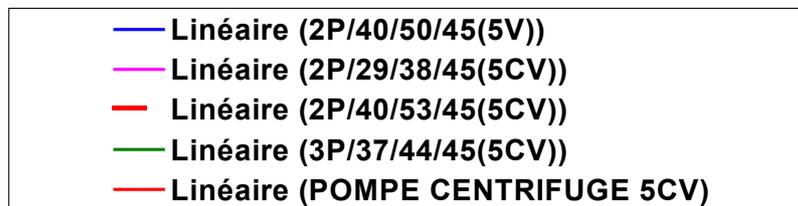
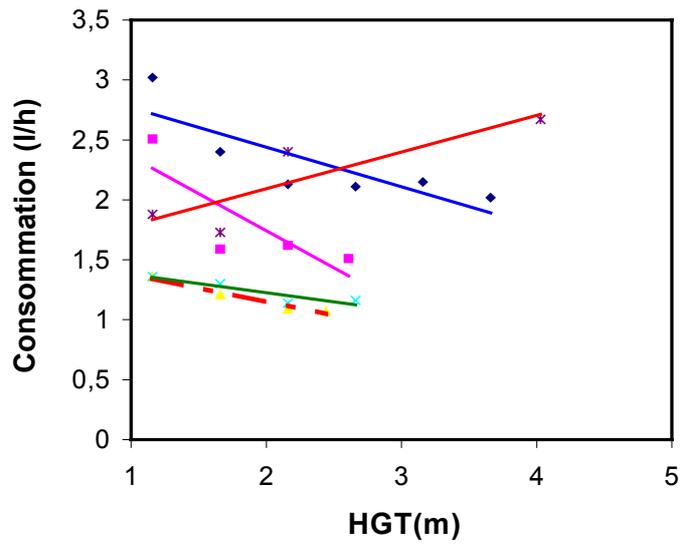
**Vitesse moyenne**

Pompe	CONSOMMATION(l/h)				
	HGT(m)				
	1.50	2.00	2.50	3.00	3.50
Centrifuge	1.90	2.13	2.25	2.47	2.55
2P/40/50/45	2.65	2.48	2.25	2.13	1.90
Rapport	0.72	0.86	1	1.16	1.34

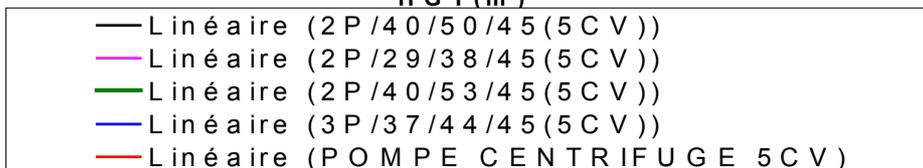
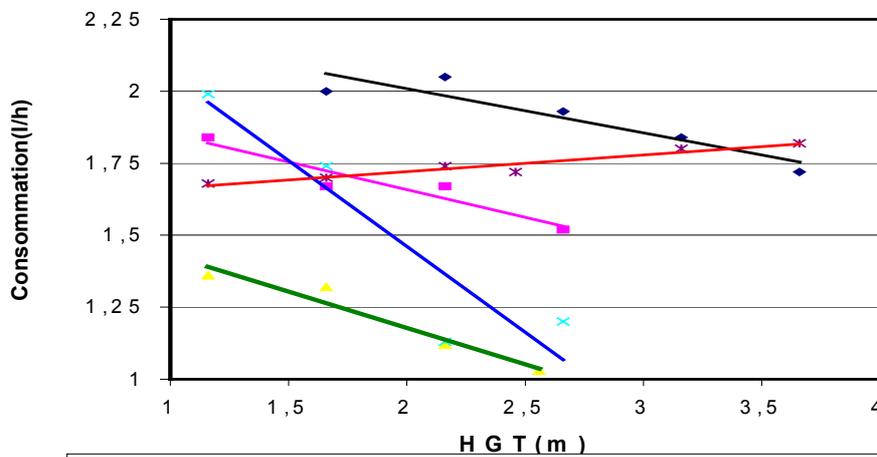
**Vitesse maximale**

Pompe	CONSOMMATION(l/h)				
	HGT(m)				
	1.50	2.00	2.50	3.00	3.50
Centrifuge	1.65	1.70	1.75	1.77	1.78
2P/40/50/45	2.15	2	1.90	1.80	1.76
Rapport	0.77	0.85	0.92	0.98	1

**Graph 31 : Consommation selon la HGT à la vitesse moyenne**



**Graph 32 : Consommation selon La HGT à la vitesse maximale**



### 6.2.1.3 Conclusion

**Conditions d'utilisation :** La pompe à hélice a une HMT très faible (inférieure à 5 m). En particulier la capacité d'aspiration est très limitée (moins de 1 m). Cependant son avantage est de fournir (dans ces conditions d'exhaure à faible HMT) des débits beaucoup plus importants que les pompes centrifuges. Les conditions dans lesquelles peut être utilisée cette pompe sont entre autres :

- une source d'eau de surface (rivière, lac, barrage, etc...) dont le niveau varie très peu au cours de la campagne
- un terrain plat ou présentant une pente descendante de la source d'eau vers les parcelles à irriguer
- un système d'irrigation qui n'exige pas une pression élevée : la pompe n'est utilisable qu'avec un système de distribution de l'eau en gravitaire pure ou à la limite avec un réseau californien

**Les pompes à hélices / moteur 3.5 CV.** Toutes les analyses faites montrent que :

- Du point de vue hydraulique, La pompe à hélice 2P/40/50/45, fourni les meilleures performances hydrauliques par rapport aux autres types de pompes à hélice. Elle donne en effet, pour la vitesse maximale et sur un moteur 5 CV, un débit maximum de 100 m<sup>3</sup>/h à 1,75 m de HMT. Cette hauteur au débit nul, atteint 3.75 m. Sur un moteur 3.5 CV, les performances maximales sont de 70 m<sup>3</sup>/h à 1.25 m et 3.25 m à 0 m<sup>3</sup>/h. Comparée à la pompe centrifuge, elle offre des débits qui avoisinent le double de ceux fournis par la pompe centrifuge, pour des hauteurs géométriques ne dépassant pas 3.75 m.
- Du point de vue économique, les tableaux ci-après montrent les consommations par unité de puissance hydraulique. Sur un moteur de 3.5 CV la pompe 2P/40/50/45, engendre les consommations les moins élevées pour toutes les vitesses de rotation et par rapport aux autres pompes à hélice. Pour les puissances hydrauliques inférieures à 65 m<sup>4</sup>/h, il sera plus économique d'utiliser les pompes à la vitesse moyenne et lorsqu'elles sont supérieures à cette valeur la vitesse maximale est conseillée. Dans ces deux cas, la pompe centrifuge offre les consommations les moins élevées par rapport à l'hélice.

MOTEUR 3.5CV												
Vitesse	Moyenne				Maximale							
Ph (m <sup>4</sup> /h)	0 < Ph < 28		28 < Ph < 65		33 < Ph < 38		38 < Ph < 65		65 < Ph < 100		+100	
Cons. et Eco.	C <sup>6</sup> .(ml)	Eco.	C.(ml)	Eco.	C.(ml)	Eco.	C.(ml)	ECo.	C.(ml)	Eco.	C.(ml)	Eco.
Centrifuge 3.5 CV			12	+					15	+	12	*
2P/40/50/45	20	+	19	*	*	*	27	*	15	+		
2P/40/53/45	24	*	*	*	*	*	27	*	18	-		
2P/29/38/45	24	*	22	*	*	*	27	*				
3P/37/44/45	29	-	26	-	24		*					

Pour toutes les plages de puissance hydraulique restituée désirées, l'utilisation à la vitesse maximale donne des consommations faibles par rapport à la vitesse moyenne. Entre 0 et 100 m<sup>4</sup>/h à la vitesse maximale, la pompe à hélice 2P/40/53/45 est plus économique que les autres. Au delà, seules la 2P/40/50/45 et la centrifuge peuvent fonctionner dans cette zone. Dans ce cas la pompe centrifuge consomme moins que la 2P/4/50/45.

<sup>6</sup> C = consommation en millilitre

**Les pompes à hélices / moteur 5 CV :** Les conclusions sont résumées dans le tableau suivant.

MOTEUR 5 CV												
Vitesse	Moyenne						Maximale					
Ph(m <sup>4</sup> /h)	0 < Ph < 90		90 < Ph < 100		100 < Ph < 180		0 < Ph < 90		90 < Ph < 100		100 < Ph < 180	
Cons/Eco.	C.(ml)	Eco. <sup>7</sup>	C.(ml)	Eco.	C.(ml)	Eco.	C.(ml)	ECo.	C.(ml)	Eco.	C.(ml)	Eco.
Centrifuge 3.5 CV	20	*	23	-	25	-	20	-	19	-	10	+
2P/40/50/45	25	-	23	-	13	+	20	-	18	*	11	-
2P/40/53/45	14	+					14	+	14	+		
2P/29/38/45	21	*	20	*			20	-	18	*		
3P/37/44/45	14	+	13	+			20	-	18	*		

A la lumière de ces résultats, la motopompe à hélices est un moyen d'exhaure qui ne peut être proposé aux producteurs pratiquant le maraîchage.

D'une part les plages de débits qu'elle fournit sont de loin supérieures aux débits d'équipements des cultures maraîchères. Et d'autre part, les plages de hauteurs manométriques dans lesquelles elle peut fonctionner sont très en dessous des hauteurs géométriques moyennes des sites maraîchers rencontrés au Burkina Faso.

En se basant essentiellement sur les débits, le GMP à hélices conviendrait parfaitement sous réserve de sa rentabilité aux cultures ayant une forte demande en eau comme le riz.

Sur le plan économique, le GMP à hélices rappelons tout d'abord qu'il a été obtenu en modifiant les GMP centrifuges. Cette modification coûte environ 80 000 F CFA. Son prix de revient deviendra celui du GMP d'origine plus le coût de la modification. Et donc plus chère. Les seuls postes qui pourront le rendre économique est la consommation en carburant. Or nous avons vu que pour une même puissance hydraulique fournie, les consommations sont relativement les mêmes pour les deux types de GMP (la consommation du GMP à hélices restant inférieure à celle du GMP centrifuge). Qui plus n'est pas adapté aux sites sous l'angle de la pratique du maraîchage. Par conséquent, le GMP à hélices sous sa forme actuelle n'est pas du tout adapté techniquement et économiquement aux sites maraîchers au Burkina Faso.

### **6.2.2 Motopompes fonctionnant à l'huile de pourghère (résultats hydrauliques et économiques).**

#### **Résultats.**

#### **Influence de l'huile sur le moteur.**

Les essais sur le moteur ont montré que les performances ne sont pas affectées par le fonctionnement à l'huile de pourghère. Dans les mêmes conditions de fonctionnement, les débits obtenus avec le fonctionnement en gasoil sont les mêmes que ceux obtenus en fonctionnement à l'huile de pourghère. Et pour les mêmes conditions de fonctionnement, les consommations horaires obtenues sont de 1,40l/h pour le gasoil et 1,52l/h pour l'huile de pourghère. Cette différence a été expliquée (par le concepteur du moteur, Carl BIELENBERG) par un échauffement insuffisant du moteur (fait dû au débit important de l'eau du refroidissement du moteur). En effet selon lui lorsque le moteur n'atteint pas son échauffement optimum ( 80°C), l'huile n'est pas totalement brûlée dans le moteur : une partie de cette huile sort de l'échappement sous forme de vapeur.

*Il faut tout de même noter qu'il n'y a pas eu suffisamment de mesures pour sur ces aspects pour pouvoir tirer des conclusions fiables.*

De même aucune panne mécanique liée à l'huile de pourghère n'a été signalée. Cependant il n'y a pas eu suffisamment de suivis pour tirer des conclusions fiables.

<sup>7</sup> Eco = plus ou moins économique par rapport aux autres GMP

### **Les résultats sur la presse.**

Les tests de pressage montrent que :

- Le rendement des graines en huile raffinée est d'environ 5kg de graines pour 1 litre d'huile raffinée
- 2 personnes en 5 à 7 heures de travail peuvent presser 50 à 100 kg de graines, soit produire 10 à 20 litres d'huile.
- Prix de revient de l'huile de pourghère (cas de Bérégadougou) :
  - achat des graines, pas de paiement de la main d'œuvre (familiale), amortissement de la presse compris (50F/l) : 290 F/l
  - achat des graines, avec paiement de la main d'œuvre, amortissement de la presse compris (50F/l) : 340 F/l.

Actuellement le prix du gasoil connaît une certaine fluctuation sur le marché. Cependant cette année les prix ont oscillé entre 370 à 386 F/l. Mais la tendance générale de l'évolution des prix est plutôt vers la hausse.

- La modification du moteur pour accueillir le carburant huile varie de 35 à 50.000 FCFA, pour un prix de GMP variant de 500.000 FCFA (5cv) à 835.000 FCFA (10cv).
- Au moins 2 producteurs sur les 5 réussissent à s'approvisionner en graines de pourghère (Diaradougou et Bérégadougou) ; au moins un des producteurs a commencé à mettre en place une haie de pourghère au niveau de son périmètre (Bérégadougou).
- Une étude d'évaluation économique de l'utilisation de l'huile de pourghère montre que :
  - Lorsque les graines de pourghère sont produites par le producteur lui-même, l'utilisation de l'huile de pourghère lui permet d'économiser entre 97 000 à 114 000 F CFA des frais de carburant par campagne. Le retour sur son investissement (50 000 F CFA pour la modification) est ainsi réalisé en moins d'une campagne.
  - Par contre lorsque les graines sont achetées par le producteur (au prix par exemple de 50 F CFA le kg, comme l'avait le projet au démarrage de ses activités), l'économie réalisée ne serait plus que de 6 000 à 23 000 F CFA par campagne ; ce qui fait plusieurs campagnes pour un retour sur investissement. En fait l'approvisionnement en graines de pourghère constitue la principale contrainte des actions menées sur ce volet. C'est pourquoi nous pensons que toute action future sur l'utilisation de l'huile de pourghère devrait inclure des activités visant à inciter les irrigants à produire eux-mêmes les graines de pourghère.

### **Conclusion sur l'expérimentation du GMP à huile de pourghère.**

**Conditions d'utilisation :** Il n'y a pas de conditions particulières. Ces conditions sont celles prévues pour le bon fonctionnement du GMP initial. Cependant les GMP à huile de pourghère sont bien indiqués pour des zones où existe le pourghère : facilité de se procurer des graines.

L'expérimentation sur le GMP à huile de pourghère doit s'inscrire dans une perspective de moyen ou long terme. En effet pour cerner réellement l'influence de l'huile sur le moteur il faut que le moteur fonctionne pendant un nombre d'heures assez important. Ce qui nécessiterait une utilisation du GMP sur plusieurs campagnes.

De même à moyen ou long terme le prix de l'huile de pourghère pourrait être largement concurrentiel par rapport au prix du gasoil surtout si se poursuit la tendance actuelle à la hausse du prix du gasoil. Mais il faut pour cela résoudre d'abord le problème d'approvisionnement en graines de pourghère. Cela devrait passer par des actions durables pour inciter les exploitants à produire eux-mêmes ces graines.