

UCL Mons



UCL Université Catholique de Louvain – Mons

*Analyse stratégique du marché des  
poudres nanométriques et de  
l'équipement de production y  
attachant.*

**Promoteur :**

Madame Nadia SINIGAGLIA

**Mémoire présenté par :**

Merriem AOUF en vue de l'obtention  
du diplôme de Master 120 en Ingénierat  
de Gestion

Année académique 2011-2012

# Table des matières

<i>Remerciements</i> .....	4
<i>Executive summary</i> .....	5
<i>Abréviations</i> .....	6
<i>Liste des graphiques et illustrations</i> .....	7
<i>Liste des tableaux</i> .....	8
<i>Liste des annexes</i> .....	9
<i>Introduction générale</i> .....	10
<b><i>PARTIE 1- Présentation des acteurs du projet</i></b> .....	<b>12</b>
1. Contexte économique actuel.....	12
2. Les nanotechnologies.....	14
3. Nanopôle S.A.....	18
3.1 <i>Présentation de la société</i> .....	18
3.2 <i>Valeurs et mission de Nanopôle S.A.</i> .....	19
3.3 <i>Stratégie</i> .....	20
3.4 <i>But fixé</i> .....	21
4. Processus de l'innovation technologique.....	22
4.1 <i>Description du processus</i> .....	22
4.2 <i>Les installations de production</i> .....	31
5. Acteurs au sein du projet Nanotech : collaborations et alliances.....	38
5.1 <i>Etapas de réalisation du projet</i> .....	39
5.2 <i>Présentation des partenaires</i> .....	40
6. Conclusion.....	47
<b><i>PARTIE 2 - Analyse stratégique</i></b> .....	<b>48</b>
1. Analyse Externe.....	49
1.1 <i>Analyse du client potentiel</i> .....	49
1.2 <i>Analyse de la concurrence</i> .....	50
1.3 <i>Analyse du marché</i> .....	54
1.4 <i>Analyse des facteurs environnementaux : risque-pays selon Ducroire</i> .....	59
2. Résultats de l'analyse externe.....	61
2.1 <i>Menaces</i> .....	61
2.2 <i>Opportunités</i> .....	64
3. Analyse Interne.....	65
4. Résultats de l'analyse interne.....	66

4.1	<i>Forces</i> .....	66
4.2	<i>Faiblesses</i> .....	70
5.	<i>Conclusion</i> .....	74

***PARTIE 3 – Stratégie de développement à l’exportation..... 75***

1.	<i>Stratégie commerciale</i> .....	75
1.1	<i>Fiches produits</i> .....	76
1.2	<i>Recherche d’informations</i> .....	77
1.3	<i>Visibilité accrue</i> .....	78
2.	<i>Approche du marché</i> .....	80
2.1	<i>Rencontre de la délégation chinoise à Bruxelles</i> .....	80
2.2	<i>Recherche de conférences et salons internationaux</i> .....	80
2.3	<i>Rencontre de prospects</i> .....	82
3.	<i>Conclusion</i> .....	84

***PARTIE 4 – Identification, sélection et implémentation de la stratégie ..... 85***

1.	<i>Enquête réalisée</i> .....	85
1.1	<i>Entreprises et centres de recherche</i> .....	86
1.2	<i>Critériologie d’évaluation</i> .....	90
1.3	<i>Méthode d’analyse</i> .....	91
2.	<i>Scénarios</i> .....	117
2.1	<i>Scénario optimiste : la vente</i> .....	118
2.2	<i>Scénario médian : la collaboration</i> .....	120
2.3	<i>Scénario pessimiste : l’arrêt des recherches</i> .....	124
3.	<i>Conclusion</i> .....	124

***Conclusion générale ..... 125***

***Références bibliographiques ..... 128***

***Annexes ..... 131***

***« Il n'est rien au monde d'aussi puissant qu'une idée dont l'heure est venue »***

Victor Hugo, écrivain français, poète et dramaturge (1802-1885)

# *Remerciements*

Je remercie sincèrement Madame Nadia Sinigaglia, la promotrice de ce mémoire, pour la qualité de ses conseils et son encadrement au cours de cette période d'apprentissage.

Je tiens aussi à remercier mon maître de stage Monsieur Philippe Lecourt pour la formation qu'il m'a donnée et la confiance qu'il m'a témoignée, ainsi que Monsieur Christian Vandecasserie, administrateur-délégué de Nanopôle S.A., pour m'avoir accueillie en tant que stagiaire au sein de l'entreprise et pour l'intérêt qu'il a accordé à mon travail tout au long du stage.

Je remercie également Madame Anne-Christine Duchesne, responsable de la gestion des dossiers de candidatures estudiantines à l'Agence Wallonne à l'Exportation (AWEX), et Madame Duquesne, responsable des relations internationales et des stages à l'Université Catholique de Louvain-Mons (UCL Mons), pour leur précieux soutien.

D'une façon plus générale, je voudrais remercier l'ensemble des attachés commerciaux de l'AWEX situés en Allemagne, en Suède, en France et au Luxembourg avec lesquels nous avons eu le plaisir de collaborer, et plus particulièrement Monsieur Frank Compernelle, conseiller économique et commercial de l'AWEX à Hambourg (Allemagne), Monsieur Jan Offner, conseiller économique et commercial de l'AWEX à Stuttgart (Allemagne) et Madame Anh Quyen Ngo Li, assistante commerciale de l'AWEX à Bertrange (Luxembourg).

Pour terminer, merci à l'ensemble des représentants du consortium ayant contribué au développement du projet Nanotech pour leurs conseils et leur support technique, et notamment Monsieur Jean Salmon, directeur opérationnel de Wallonie chez Sirris, Monsieur André Rahier, responsable du département de recherches en nanotechnologies chez Sirris, Madame Fabienne Windels, responsable de la cellule d'information chez Sirris et Monsieur Pascal Rome, responsable de projets à CRM Systems.

# *Executive summary*

Le présent mémoire-projet a pour objectif d'illustrer la mise en place d'une stratégie globale à l'exportation pour la société Nanopôle S.A., entreprise coordinatrice du projet Nanotech. Nanopôle S.A. joue le rôle d'intermédiaire entre les partenaires du projet et la Région Wallonne.

La première phase du projet, s'étendant sur l'horizon 2007-2011, a été consacrée à la recherche et au développement d'une ligne complète de production de nanopoudres par procédé plasma, à l'échelle industrielle. Depuis le début de l'année 2012, la deuxième phase du projet a été lancée, visant la valorisation des poudres nanométriques et des équipements développés par les partenaires de Nanopôle S.A., principalement sur le marché européen.

Le marché des nanomatériaux est un marché en pleine évolution avec un potentiel de développement fort important dans les prochaines années selon les projections établies. Les secteurs d'applications des nanomatériaux sont multiples et variés. Néanmoins, peu d'entreprises s'étalent sur le sujet, si ce n'est sous le couvert d'un contrat de confidentialité.

A l'heure actuelle, Nanopôle S.A. traverse une période de questionnement et s'interroge sur les décisions les plus adéquates à prendre afin de percer sur le marché.

Selon les attentes et les ambitions que l'entreprise souhaite voir comblées ainsi que de la réalité économique, plusieurs stratégies de collaboration seront posées.

## *Mots-clé*

Pôle de compétitivité, analyse SWOT, nanopoudres, nanotechnologies, Europe, prospection, AWEX, Nanopôle S.A., prototype, analyse stratégique, enquête, scores, salons internationaux, conférences, entrevues professionnelles, site internet, chercheurs, PME, multinationales, industriels, scénarios.

# *Abréviations*

## Symboles chimiques

SiC	Carbure de silicium
ZnO	Oxyde de zinc
ZrO <sub>2</sub>	Dioxyde de zirconium
nm	Nanomètre = 10 <sup>-9</sup> m = 0,000 000 001 mètre

## Organisations

AWEX	Agence Wallonne à l'Exportation
FIT	Flanders Investment & Trade
BCECC	Belgian-Chinese Chamber of Commerce
CCPIT	China Council of the Promotion for International Trade
WBI	Wallonie-Bruxelles International
ONU	Organisation des Nations Unies
IVK	Institut Von Karman

## Divers

S.A.	Société Anonyme
SWOT	Strengths Weaknesses Opportunities Threats
ISO	International Organization for Standardization
R&D	Recherches et développement

# *Liste des graphiques et illustrations*

Schéma 1 – Gouvernance des pôles de compétitivité.....	13
Schéma 2 – Distribution granulométrique des nanopoudres de SiC .....	23
Schéma 3 – Images SEM à l'échelle nanométrique et micrométrique des nanopoudres de SiC .....	28
Schéma 4 – Images du spectre XRD : indicateur de la consistance des nanopoudres de SiC .....	28
Schéma 5 – Local de confinement contenant le prototype de la ligne de production de nanopoudres .....	30
Schéma 6 – Implantation des deux lignes (corrosive et non-corrosive) .....	31
Schéma 7 – Principe de fonctionnement du prototype .....	32
Schéma 8 – Interface graphique du programme .....	34
Schéma 9 – Partenaires .....	39
Schéma 10 – Vue d'ensemble de l'installation .....	52
Schéma 11 – Systèmes de production de nanoparticules .....	53
Schéma 12 – Importations de biens et services belges .....	54
Schéma 13 – Investissements étrangers en Belgique .....	55
Schéma 14 – Pourcentage de la demande de nanoparticules en fonction des pays .....	57
Schéma 15 – Demande en nanomatériaux en fonction des pays .....	57
Schéma 16 – Demande en nanomatériaux selon le continent .....	58
Schéma 17 – Répartition du nombre de prospects rencontrés par événement en pourcentage du nombre de prospects total .....	86
Schéma 18 – Proportion des prospects rencontrés en tenant compte du nombre total de participants à chaque événement .....	87
Schéma 19 – Classification en pourcentage des organisations rencontrées .....	88
Schéma 20 – Composition de l'échantillon .....	88
Schéma 21 – Catégorisation des interlocuteurs par pays .....	89

# *Liste des tableaux*

Récapitulatif des rôles des partenaires .....	46
Tableau récapitulatif de Ducroire .....	60
Tableau récapitulatif des prospects rencontrés, selon le score obtenu .....	113
Tableau croisé reprenant les sociétés étudiées selon le(s) secteur(s) d'activité(s), le type d'organisation et le pays de localisation .....	114

# *Liste des annexes*

## ***PARTIE 1- Présentation des acteurs du projet***

Annexe 1 - Constitution de la société Nanopôle S.A. ....	132
Annexe 2 – Brevet de Nanopôle S.A. ....	136
Annexe 3 – Méthodes de production des nanoparticules .....	137
Annexe 4 - Comparaison des propriétés testées par Sirris en laboratoire .....	140

## ***PARTIE 2 - Analyse stratégique***

Annexe 5 – Guide d’entretien .....	143
------------------------------------	-----

## ***PARTIE 3 - Stratégie de développement à l’exportation***

Annexe 6 - Mailing remis aux prospects rencontrés.....	145
Annexe 7 – PowerPoint .....	146
Annexe 8 - Script téléphonique.....	150
Annexe 9 - Plan de mission .....	154
Annexe 10 – Résultats de la recherche: principales entreprises dans le secteur des nanotechnologies .....	157

## ***PARTIE 4 – Identification, sélection et implémentation de la stratégie***

Annexe 11 - Liste des prospects rencontrés .....	159
Annexe 12 – Fiche signalétique des prospects rencontrés .....	162

# *Introduction générale*

Arrivée au terme de sa mission de développement technologique à savoir la conception de systèmes plasma intégrés pour produire des nanoparticules et optimiser le modèle du réacteur plasma atmosphérique, la société wallonne Nanopôle S.A., implantée à Liège, souhaiterait prochainement franchir le pas et s'inscrire dans la tradition de l'export.

S'il est indubitable que l'import/export augmente les chances de survie des entreprises, il n'en demeure pas moins que, pour les PME qui désirent se lancer dans l'aventure, l'internationalisation ressemble fort à un obstacle infranchissable. Le travail préliminaire lié à l'exportation est de taille même si les autorités politiques peuvent jouer un rôle de soutien.

Le présent mémoire-projet était couplé à un stage en entreprise chez Nanopôle S.A. dans le cadre du programme Explort, subventionné par l'Agence Wallonne à l'Exportation et bénéficiant du soutien du Plan Marshall.2.vert. Destiné aux étudiants et jeunes diplômés, il propose des formations et des stages en commerce international en adéquation directe avec les exigences du marché. Explort est un programme dynamique qui combine une formation au commerce international, un stage en entreprise en Région Wallonne et une mission commerciale à l'étranger réalisée pour le compte d'une société wallonne. Pour mener à bien la mission allouée, nous devons faire preuve de beaucoup de motivation, d'une ouverture certaine à l'international, d'une bonne maîtrise de la langue anglaise ainsi que d'une grande mobilité.

Il existe plusieurs raisons pour exporter : augmenter le chiffre d'affaires, les bénéfices, la valeur ajoutée, sortir d'un marché intérieur saturé, optimiser le résultat de ses propres recherches et/ou de ses capacités de production ou encore bénéficier de l'expérience d'un collègue ou d'un concurrent et donc élargir le champ d'opportunités.

Forte d'un produit novateur et prometteur, en 2012, la société Nanopôle S.A. a décidé de prospecter les marchés extérieurs dans le but de trouver des nouveaux débouchés tant au niveau de la vente qu'au niveau de la mise en place d'une éventuelle collaboration.

Ce mémoire-projet s'articule autour de cinq piliers : la présentation des rôles de chaque partenaire du projet Nanotech, l'analyse stratégique interne et externe de Nanopôle S.A., les résultats de cette analyse reposant sur la méthode d'analyse SWOT, l'élaboration d'une stratégie de développement du marché et l'extrapolation de scénarios de valorisation des produits, équipements et services de Nanopôle S.A. sur base des résultats de l'étude réalisée en Belgique, en Allemagne, en Suède et en France après avoir participé à des conférences sur les nanotechnologies, à des salons internationaux et organisé des entrevues professionnelles avec des collaborateurs ou clients potentiels.

Ce dossier est le résultat de la réflexion et des recherches effectuées afin de définir une stratégie commerciale appropriée à la taille, au style de management et aux produits de l'entreprise Nanopôle S.A. Nous avons choisi ce sujet de mémoire pour participer activement au rayonnement scientifique de la Belgique dans le monde.

# *PARTIE 1- Présentation des acteurs du projet*

Ces dernières années, la hausse constante des investissements étrangers en Europe et le taux de croissance des exportations ont largement contribué à la création d'emplois en Wallonie et au lancement d'un grand nombre de projets novateurs. L'ambition de la Belgique et par extension de la Wallonie est de devenir un acteur incontournable au niveau du commerce international, et d'asseoir son influence sur le marché global. Cet objectif a été rendu possible grâce à l'intervention d'organismes tels que l'Agence Wallonne à l'Exportation (AWEX), ou encore l'alliance Wallonie-Bruxelles International (WBI) donnant accès à un réseau de professionnels présents dans les quatre coins du monde.

Cette partie est consacrée à Nanopôle S.A., membre à part entière du pôle MecaTech, entreprise active dans le secteur scientifique et, en particulier, des nanotechnologies.

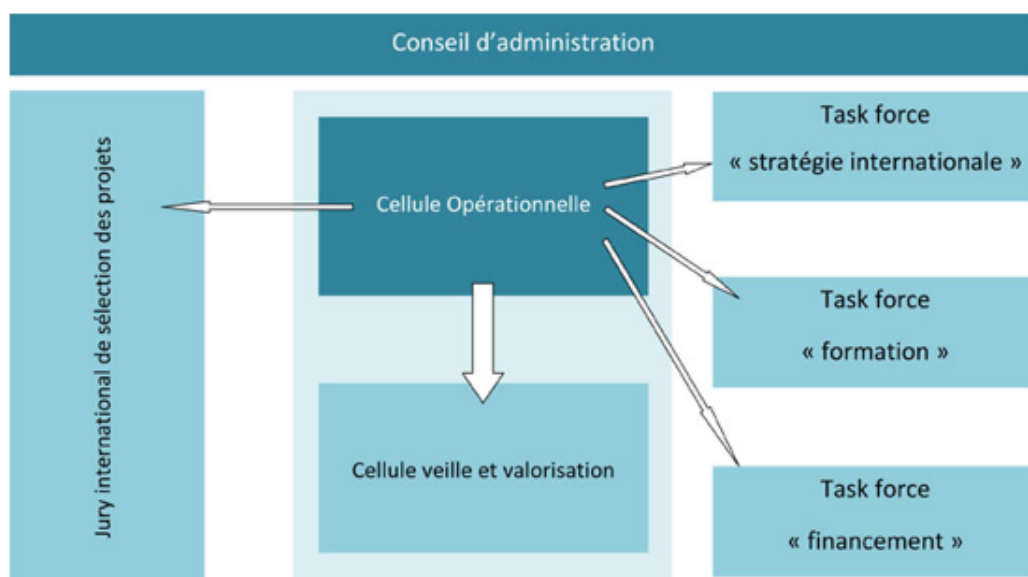
## **1. Contexte économique actuel**

Le projet Nanotech a vu le jour au cours de la mise en application du Plan Marshall visant la création d'activités, des investissements en recherche et développement ainsi que la constitution de pôles de compétitivité, moyennant une aide budgétaire de la part du gouvernement wallon.

L'initiative ambitieuse poursuivie par la Région Wallonne était de renforcer la compétitivité régionale en couvrant tous les secteurs d'activités. C'est dans ce contexte que les cinq premiers pôles de compétitivité ont été labellisés en 2006.

- 1) Pôle aéronautique et espace - **Skywin** entreprend des recherches dans le domaine de l'aviation et de l'espace afin d'améliorer les conditions de vols et l'équipement technique.

- 2) Pôle santé - **Biowin** consacre ses ressources à la promotion de biotechnologies tout en capitalisant sur les compétences des professionnels qui collaborent à la réalisation des projets en cours.
- 3) Pôle transport et logistique - **Logistics in Wallonia** a pour but de définir une stratégie de déploiement à l'extérieur des frontières belges en vue de développer la logistique.
- 4) Pôle agro-industrie - **Wagralim** s'est fixé pour objectif de développer de nouvelles techniques de conservation des produits agro-alimentaires en vue de s'inscrire dans le développement durable.
- 5) Pôle génie mécanique – **Méca Tech** oriente la recherche dans différents secteurs en relation avec le génie mécanique, à savoir les surfaces du futur, les technologies de mise en forme des matériaux, la mécatronique et les microtechnologies.



*Schéma 1 – Gouvernance des pôles de compétitivité<sup>1</sup>*

Chacun des pôles regroupe un agglomérat d'entrepreneurs collaborant ensemble pour l'expansion économique et le développement des relations commerciales de la Wallonie. La stratégie de développement se décline selon le secteur visé, compte tenu des marchés ciblés et de l'interaction entre les acteurs industriels et institutionnels.

<sup>1</sup> Wallonia clusters, "La Gouvernance des Pôles de Compétitivité", <http://clusters.wallonie.be/federateur/fr/poles-de-competitivite/la-gouvernance/index.html>, site consulté le

Aucune économie pérenne ne peut exister en l'absence d'acteurs de production ou d'industries car il ne resterait alors que l'offre de services non-viables à terme. De même que l'on ne peut concevoir une industrie forte sans innovation continue.

Depuis plusieurs années, on assiste à une conscientisation des impératifs environnementaux actuels. Cette tendance se manifeste dans le monde de l'industrie par le déploiement progressif d'une dimension environnementale, intégrée dans le processus d'innovation industrielle.

Les pôles de compétitivité ont pour but de dynamiser les activités réalisées dans des segments porteurs de l'économie au travers d'un large réseau composé de représentants d'universités, d'entrepreneurs, d'unités de recherche et de centre de formation. Ce concept est à proprement parler un outil servant de levier à la réalisation de projets prometteurs, ce qui permet d'offrir une réponse tout indiquée à l'élan dont l'industrie wallonne a besoin pour continuer à prospérer.

*« Nous avons décidé de miser sur ces secteurs en raison de leur excellence. Ce que nous recherchons avec la mise en place des cinq pôles de compétitivité est la réunion du triangle « entreprises (grands groupes industriels ou PME) - recherche – formation », explique Philippe Suinen, administrateur général de l'AWEX. Avec les conseils de gouvernance mis en place au sein de chaque pôle, nous travaillons quotidiennement au développement international des entreprises wallonnes »<sup>2</sup>.*

## 2. Les nanotechnologies

Les applications issues des nanotechnologies seront bientôt intégrées dans de nombreux processus industriels. Certaines entreprises utilisent déjà cette technique scientifique afin de faire des essais sur des échantillons de produits.

Le débat bat son plein depuis maintenant quelques années, quant à trouver des solutions pour remplacer les énergies fossiles qui, d'une part, ont un fâcheux incident sur l'environnement à cause de leur caractère polluant et, d'autre part, dont les réserves

---

<sup>2</sup>Alexandre T. ANALIS, "La Wallonie sort son plan Marshall", <http://www.actu-cci.com/fr/Entreprises/Immobilier/La-Wallonie-sort-son-plan-Marshall>, Commerce International, site consulté le 31/08/2011.

planétaires sont vouées à disparaître dans un avenir pas si lointain à cause de la croissance exponentielle des besoins de production. Toutes ces raisons ont poussé la communauté scientifique à se consacrer à sa noble tâche avec aplomb, en vue d'aboutir à des résultats concrets et ainsi, préserver les réserves naturelles en ressources rares.

Les nanoparticules ont attiré l'attention de part leurs caractéristiques particulières. En effet, les études réalisées dans le secteur environnemental nous apprennent que moins de nanoparticules sont nécessaires afin de couvrir une plus grande surface que ne pourraient le faire des microparticules. Par ailleurs, cette faculté inhérente rend possible la capture sélective d'agents polluants en grande quantité. L'objectif poursuivi est triple : diminuer les émissions de gaz polluants, purifier le gaz et traiter les effluents.

Les nanoparticules dont la surface spécifique est importante seront notamment employées dans le but d'améliorer le rendement des systèmes d'énergie ou encore de développer les énergies propres. D'autres inventions comme les nanopoudres de carbone pour la pile à combustible, les systèmes photovoltaïques et les nanotubes ayant pour objet le stockage de gaz divers sont conçus grâce à une technologie de pointe afin de compenser à terme, au moins partiellement, l'usage des énergies fossiles.

Le secteur médical a souvent recours à des applications découlant des nanotechnologies, notamment dans la fabrication de prothèses biomimétiques, reproduisant la structure des matériaux du vivant. Les nanomatériaux sont dotés de propriétés spécifiques, inaccessibles aux matériaux artificiels conventionnels, leur permettant de remplacer des organes, des os, favorisant la repousse de tissus endommagés ou encore permettant de dépister, diagnostiquer et de soigner des maladies comme le cancer, en réduisant les effets secondaires de la chimiothérapie. De nombreux capitaux sont investis dans la recherche à cet effet et les attentes générées sont fortes.

L'industrie cosmétique a fait appel aux nanoparticules de dioxyde de titane pour concevoir des filtres ultraviolets utilisés dans les produits cosmétiques, pénétrant les couches supérieures de la peau. Certains rouges à lèvres contiennent des nanoparticules d'oxyde de zinc ou de fer. Par ailleurs, les consommateurs ont déjà exprimé leurs craintes, laissant planer le doute que des effets toxiques et cancérigènes soient potentiellement liés à l'utilisation des nanomatériaux dans ce type de produits, dont on se sert dans la vie courante.

Le secteur de l'automobile est toujours en quête de nouvelles technologies capables de rendre les voitures proposées à la vente plus performantes et plus rapides, pour rester compétitif sur le marché ciblé par rapport aux voitures présentées par la concurrence. Une chose est certaine : il s'agit d'une course à l'innovation où le plus rapide à saisir l'opportunité qui se présente, gagne bien souvent. C'est ici qu'entrent en jeu les nanomatériaux dont la composition permettrait d'augmenter le rendement de combustion des carburants, d'assurer une meilleure résistance aux griffes de la carrosserie quand elles sont intégrées dans la peinture et de rendre les pneus du véhicule moins bruyants.

Les composites et hybrides nanométriques sont également intégrés dans les matériaux plastiques, les rendant tantôt imperméables, tantôt anti-feu. Les emballages de matériaux électroniques et de containers pour produits chimiques inflammables profitent déjà des bienfaits de la conductivité des nanotubes, qui les rendent antistatiques.

Les nanomatériaux sont également présents dans l'ingénierie informatique, tout d'abord intégrés puis miniaturisés dans les semi-conducteurs pour augmenter la rapidité de transfert d'information.

On le retrouve aussi incorporés dans des tissus textiles, sous forme de nanocharges introduites dans des fibres devenues nanocomposites.

D'autres secteurs porteurs sont également à citer. De nombreux équipements comme les clubs de golf et les balles de tennis deviennent plus solides et plus légers de par l'intégration de nanoparticules. Le domaine de la construction est aussi touché par cette technologie innovante. Ainsi, le verre et le ciment deviendraient plus résistants aux chocs tandis que les céramiques nanostructures accroîtraient le rendement thermique des moteurs. De même, les revêtements faits à base de nanomatériaux amélioreraient la résistance à la corrosion, diminueraient les frottements de pièces mécaniques, permettraient de fabriquer des outils plus résistants à l'abrasion et à l'érosion.

En tant que lecteur avisé, vous l'aurez remarqué, les particules nanométriques ont beau être difficilement perceptibles à l'œil nu, elles n'en impliquent pas moins des enjeux immenses dans le contexte politico-économique actuel. Refaçonnant la matière à leur

guise grâce à leurs caractéristiques très particulières influant sur les propriétés des matériaux, elles ont une incidence certaine sur les procédés de production mis en place dans divers secteurs de l'industrie.

Une seule ombre au tableau apparaît, leur degré de dangerosité, resté jusque-là assez difficile à évaluer dans certains domaines d'applications. L'opinion publique sur ce sujet précis est entre autres l'objet de confrontations entre scientifiques, écologistes et défenseurs de la santé citoyenne. Par ailleurs, des matériaux dont on ne connaît pas les effets secondaires et que l'on sait pourtant réactifs à l'oxygène et dommageables pour l'ADN humain ne pourraient être couverts par des contrats d'assurance de responsabilité civile dans l'état actuel des choses. Les personnes physiques, morales et les organismes impliqués de près ou de loin dans cette aventure sont tous dans l'attente que les protocoles d'évaluation des risques (éco-) toxicologiques approuvés par l'OCDE soient un jour capables de déterminer le degré de risque qui découle de l'utilisation de ces matériaux. Une fois les doutes dissipés, la commercialisation de ces produits en serait facilitée.

Un climat d'incertitude s'installe, étant donné que les entreprises impliquées dans ce genre de projets ne peuvent ni ne veulent que le résultat des expériences réalisées soient communiqués et ce, pour différentes raisons. La première, et sans doute non des moindres, est liée au battage médiatique peu flatteur qui se tient à ce propos. Il ressort que de nombreuses entreprises très connues, comme L'Oréal ou Danone, ne souhaitent pas entacher leur réputation à moins d'être sûr du succès escompté. La seconde serait l'avantage concurrentiel non-négligeable qu'apporterait à ses heureux propriétaires une telle technologie si elle venait à être maîtrisée. Pour continuer dans le même état d'esprit, la troisième raison pour laquelle les résultats ne sauraient être divulgués reflète sans conteste une volonté de ces mêmes intervenants de ne pas se faire dérober le bilan des recherches scientifiques menées à leur terme avant qu'un brevet n'ait été déposé en bonne et due forme.

Pour aller plus loin, prenons un exemple concret d'analyse réalisée récemment. Selon une étude menée par Novethic, centre d'expertise français du développement durable et de l'investissement socialement responsable, a démontré, chiffres à l'appui, que plus de la moitié des sociétés européennes, cotées en bourse et présentes surtout dans le secteur

des cosmétiques et de l'agro-alimentaire, ne dévoilaient pas l'état de l'avancée de leurs recherches en nanosciences sur leur site internet respectif pour les raisons relatées plus haut.

Afin d'ouvrir une porte vers la commercialisation de leurs produits, les industries banalisent progressivement l'usage des nanotechnologies en adoptant une stratégie de communication marketing étudiée de près. Si leurs investigations aboutissaient, cela aurait une incidence importante sur leur débit de ventes, ce qui constituerait un nouveau cap vers la production de masse.

## 3. Nanopôle S.A.

### 3.1 Présentation de la société

Nanopôle est une société anonyme constituée de quinze actionnaires, composés de groupes d'industriels et de scientifiques, comme en témoigne la parution de l'acte de constitution au Moniteur belge, le 13 décembre 2007. Parmi eux, on retrouve notamment Technord Automation S.A., Aspectic Technologies S.A., Magotteaux International S.A., Open Engineering S.A. et Diarotech S.A., qui sont également impliqués en tant que partenaires de Nanopôle S.A. depuis le démarrage du projet.

Le rôle de Nanopôle S.A. dans le projet Nanotech a été établi en concertation avec toutes les parties prenantes lors du lancement du projet. Nanopôle S.A. a été constituée afin de gérer la conception de systèmes plasma intégrés pour produire des nanoparticules, de systèmes de manipulation de nanocomposants et de nanopoudres consistantes de carbures et d'oxydes. Coordonnant les tâches et réalisations de tous les partenaires, Nanopôle S.A. vise en outre à optimiser le modèle du réacteur plasma atmosphérique. Le coordinateur en titre, Monsieur Lecourt, suit de près la progression du projet. Afin de s'assurer de la consistance des nanopoudres, l'entreprise s'est alliée à des collaborateurs disposant des méthodes et outils nécessaires pour garantir la qualité du produit fini, tant au niveau de sa traçabilité que de son degré de pureté.

*« La société a pour objet la recherche, la conception, le développement et la construction d'équipement industriel, la transformation et la vente de matériaux, la formation, la maintenance et le prototypage, ainsi que toutes opérations concourant au développement de ces activités.*

*La société pourra réaliser toutes opérations généralement quelconques, commerciales, industrielles, financières, mobilières ou immobilières ayant un rapport direct ou indirect avec son objet ou qui seraient de nature à en faciliter la réalisation.»<sup>3</sup>*

La société emploie deux personnes. Nanopôle S.A. est représentée par Christian Vandecasserie, administrateur-délégué, docteur en biochimie à l'Université Libre de Bruxelles<sup>4</sup>. Après plus de dix ans de recherches à l'ULB, il a rejoint la division GlaxoSmithKline Biologicals, leader mondial dans la production de vaccins, pour devenir le vice-président du département de fabrication de vaccins. Le coordinateur du projet de recherche se nomme Philippe Lecourt, ingénieur de formation.

### 3.2 Valeurs et mission de Nanopôle S.A.

La première phase du projet s'organisait autour de la recherche et du développement des produits et équipements, après avoir validé les prototypes par des essais de production en laboratoire. Les entreprises partenaires ont suivi chaque étape de l'élaboration du processus de production.

C'est au cours de la seconde phase du projet que sera engagé le processus de commercialisation des produits et équipements conçus. Même si la mission semble claire, à savoir vendre des nanopoudres ou l'usine complète de production de nanopoudres et que Nanopôle S.A. fasse une entrée remarquée sur le marché, il n'en est pas moins vrai que la manière d'y parvenir puisse s'avérer difficile à déterminer.

En effet, la principale difficulté relève du choix des segments à aborder. Nous avons constaté que de nombreux secteurs faisaient appel aux nanotechnologies pour développer leurs propres créations. Or, Nanopôle S.A. est une petite entreprise qui se

---

<sup>3</sup> Extrait de l'acte de constitution de Nanopôle S.A. déposé le 13/12/07 au moniteur belge et paru le 21/12/2007.

<sup>4</sup> StratiCELL, Board of directors, <http://www.straticell.com/company-profile/board-of-directors.html>, site consulté le 14/09/2011.

lance sur un marché vaste sur lequel peu de paramètres sont connus et où, paradoxalement, les informations ne sont pas facilement accessibles au public. Le contexte dans lequel elle évolue l'empêche d'investir autant de budgets que pourrait le faire une multinationale pour analyser en détails tous les secteurs de marché potentiellement intéressés par les produits proposés. Jusqu'ici, des clients potentiels les ont contacté par l'entremise du Pôle MécaTech pour se renseigner sur le projet mais aucune négociation concrète n'a encore été amorcée.

### 3.3 Stratégie

L'entreprise ne parvient pas à cerner quel(s) segment(s) de marché serai(en)t les plus porteurs. En effet, le prix de l'unité de production s'élèverait à un montant de l'ordre de 52000 euros (à négocié)<sup>5</sup>, ce qui est un prix raisonnable compte tenu du profit qui pourrait en être retiré par l'acquéreur. La question qui se pose est de déterminer quel serait le profil des acheteurs potentiels. Une des missions de Nanopôle S.A. est de définir leurs profils.

D'une part, peu de PME, même si elles étaient intéressées par le projet, disposeraient de moyens financiers suffisants pour investir dans l'unité de production. Il faudrait qu'elles y trouvent un intérêt certain ou qu'elles soient dans une phase de recherches où l'accès à ce genre de technologies leur serait utile afin d'avancer plus rapidement dans leur propre projet.

D'autre part, les entreprises de grande taille, dont les activités s'étendent au marché international voire mondial, sont soumises à de nombreuses contraintes établies afin d'optimiser leur processus de production et d'augmenter leur rentabilité. Un tel investissement doit donc leur assurer un avantage supplémentaire qui renforcerait leur position par rapport à leur situation actuelle, leur permettant ainsi d'augmenter leur niveau de performance et leur productivité globale.

Or, si la machine de production tourne 24 heures sur 24, elle ne produit en moyenne que 30 grammes<sup>6</sup> de nanopoudres par jour. La machine serait rentabilisée en 5 ans. C'est loin de la production industrielle vers laquelle certaines entreprises veulent tendre. Pour

---

<sup>5</sup> Information communiquée par Nanopôle S.A.

<sup>6</sup> Information communiquée par Nanopôle S.A.

l'atteindre, elles devraient pouvoir produire des tonnes de nanopoudres par an. Or, l'installation proposée par le consortium est techniquement incapable de se soumettre à cette contrainte de rentabilité pour l'instant. Les recherches ayant débuté il y a à peine 4 ans, les scientifiques qui ont travaillé sur le sujet n'ont pas encore eu suffisamment de temps pour trouver un moyen d'y remédier afin d'augmenter la productivité. Par ailleurs, ces sociétés sont à la recherche de sous-traitants qui pourraient assurer un support de production de nanopoudres pour diversifier leurs sources. Une PME comme Nanopôle S.A. qui produit des nanopoudres de qualité (consistantes) à un prix raisonnable est le partenaire idéal pour ce genre de collaboration.

Des centres de recherches situés principalement à l'étranger sont également preneurs et certains seraient prêts à investir dans l'achat de matériel vendu par Nanopôle S.A. pour comparer l'état d'avancement des recherches du consortium aux leurs.

Avant de définir quel(s) partenaire(s) serai(en)t le(s) plus approprié(s) pour entamer une collaboration, il est important de cibler les domaines intéressants (médical, cosmétique, industriel...)

### 3.4 But fixé

Nanopôle S.A. s'est fixé trois objectifs à atteindre. Les enjeux reposent sur la construction et le développement de systèmes plasma intégrés et de systèmes de confinement pour répondre à la demande des chercheurs et des industriels, relative à la production de nanoparticules et à la manipulation de nanocomposants. Et, parallèlement, d'optimiser le processus de production de nanopoudres consistantes de carbures et d'oxydes caractérisées par un laboratoire de contrôle de la qualité.

L'entreprise peut livrer des carbures et des oxydes nanométriques par lots de 100 grammes<sup>7</sup> pour les secteurs de la sidérurgie, de la verrerie, du coating et autres.

---

<sup>7</sup> Information communiquée par Nanopôle S.A.

## 4. Processus de l'innovation technologique

### 4.1 Description du processus

Les critères de sélection prévalant à la conclusion d'un partenariat avec les centres de recherche participant au projet se basaient notamment sur leurs connaissances de la technologie des plasmas. Contrairement aux autres méthodes existantes, cette technologie ne peut être utilisée que dans un environnement à haute température, de l'ordre de dix mille kelvin. Les nanoparticules produites seraient facilement intégrables dans des matériaux divers et employables dans un grand nombre d'applications industrielles. La chaleur se répandant par la torche à induction plasma, la conductivité thermique est élevée. L'état plasma est le quatrième état de la matière, au même titre que l'état solide, liquide ou gazeux, à la différence près qu'il n'est perceptible qu'à température élevée suite à la forte ionisation qui s'opère. Le gaz devient alors très conducteur.

Pour lancer le processus de production, il est nécessaire de faire le vide de la machine à chaque démarrage, afin de purger l'air qu'elle contient. Quand tous les gaz sont évacués, les vannes d'argon sont ouvertes. Un peu plus tard, nous pourrions allumer la torche plasma.

Le processus d'innovation technologique valorisé par Nanopôle S.A. suit un protocole de fonctionnement en reposant sur : l'injecteur de poudres, la torche à plasma induit, le réacteur de trempe, le cyclone, le générateur haute fréquence, le filtre de collecte, la boîte à gants, la pompe à vide, le recyclage des gaz, la black box et le confinement.

Ces étapes inhérentes au processus seront détaillées ci-après.

#### *4.1.1 Injecteur de poudre*

L'objectif des chercheurs qui travaillaient sur le projet était de développer un prototype de tri de poudres grâce auquel on pourrait régler différents paramètres lors de l'injection des réactifs, tels que la pré-sélection d'une granulométrie adéquate et le choix du débit d'injection (pondérale) des poudres. Un flux d'air ou de gaz est nécessaire pour réaliser

cette opération. Pour éviter un refroidissement trop rapide de l'intérieur de la torche, les poudres sont introduites lorsque la flamme plasma cesse de vaciller.

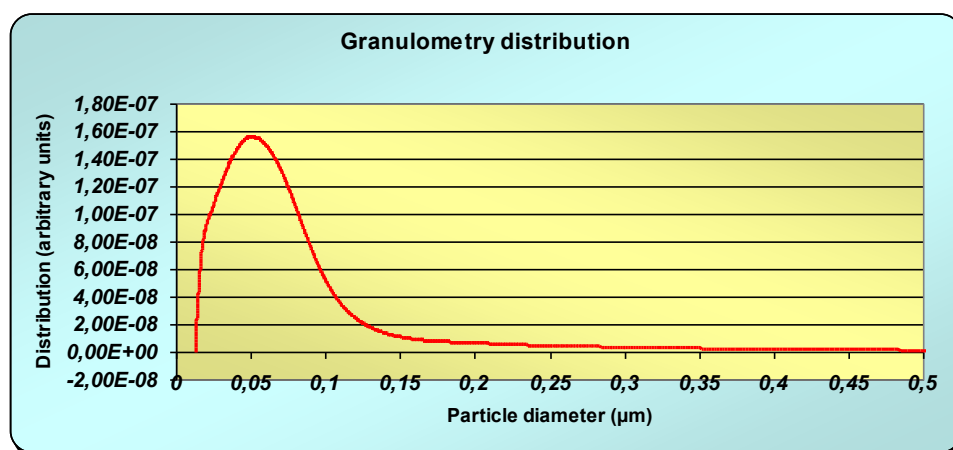
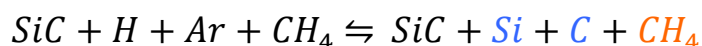


Schéma 2 – Distribution granulométrique des nanopoudres de SiC<sup>8</sup>

Afin de mieux cerner le détail des réactions qui se produisent à l'intérieur de la machine, les chercheurs de l'Institut Von Karman sont partis de l'équation de la réaction chimique, en prenant en compte les composants introduits au départ.

Après avoir introduit de l'argon, les poudres de carbure de silicium (SiC) sont progressivement injectées dans la torche plasma. Par la suite, on y ajoute de l'hydrogène et du méthane. A la fin du processus de production, les nanopoudres de SiC sont récupérées, ainsi que des résidus de silicium, de carbone et du méthane. Le méthane (CH<sub>4</sub>) est utilisé pour empêcher la dissociation du carbure de silicium (SiC).

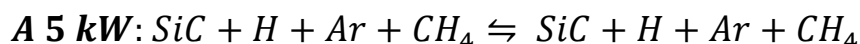
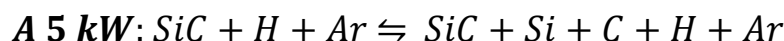
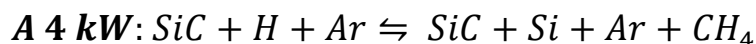


Les scientifiques souhaiteraient éliminer toute trace de silicium (Si) et de carbone (C) dans les produits de la réaction car ce sont des sources d'impuretés, l'objectif étant de ne récupérer que des poudres nanométriques de SiC. Actuellement, des pistes de recherches sont explorées, pour trouver un nouvel usage au méthane à recycler, dans l'intérêt des industriels.

L'état plasma nous amène à analyser la cinétique chimique à haute température (11.000 kelvin dans ce cas-ci). Selon la nature des gaz introduits et leur débit d'écoulement, les produits de la réaction seront différents. Toutes les équations potentiellement viables ont

<sup>8</sup> S.GEORGE, « *Specification Sheet of nano powders (Confidential Document)* », Nanometric SiC, batch SiC-09-07-15-01-F2, LAB090805-02, Atmospheric RF Plasma, Sirris, le 10/09/2009.

été minutieusement étudiées. Après de nombreux essais-erreurs, trois équations ont finalement été retenues ; à une puissance donnée :



Les nanoparticules qui seront produites sont conditionnées par les atomes et molécules utilisés dans la réaction. L'enjeu principal est de comprendre quelles sont les implications liées à la vitesse avec laquelle les gaz sont injectés dans la torche ainsi qu'à la quantité de poudres introduites. A l'heure actuelle, grâce à la technologie employée, l'Institut Von Karman peut injecter jusqu'à 1,5g<sup>9</sup> de poudre par minute mais l'équipe s'est fixée pour objectif de parvenir à augmenter ce débit.

Des expériences sont réalisées en laboratoire pour tester les propriétés de la flamme plasma sur des plaques métalliques utilisées dans l'aéronautique pour mieux maîtriser l'outil technologique.

#### 4.1.2 Torche à plasma induit

La **torche à plasma induit** est composée d'un tube en céramique pour le confinement plasma et d'un corps de torche facilitant la manipulation de celle-ci. Pour décharger le plasma à l'intérieur de la torche, un système de buse échangeable a été élaboré. De l'argon, de l'hydrogène et de l'hélium y sont confinés. Les opérations sont réalisées en respectant des conditions environnementales spécifiques en termes de température, de volume et de pression.

Pour éviter tout danger d'explosion lors des réactions chimiques, des « précurseurs » solides, liquides et gazeux sont utilisés.

Créée en employant la technologie du vortex (respect des normes environnementales, réduction de la pollution), elle accorde une plus grande tolérance au procédé chimique

---

<sup>9</sup> Information communiquée par Nanopôle S.A.

grâce à la haute pureté de l'environnement du procédé qui assure une meilleure qualité du produit final. Cette torche est utilisée pour la vaporisation. Lors de l'induction, on provoque une agitation pour faire passer de l'énergie dans la matière.

Plusieurs types de gaz y sont introduits :

- Gaz de transport de microparticules (précurseur) ; 30 SLPM<sup>10</sup>
- Gaz de gainage utilisé pour protéger la paroi ; 250 SLPM

Ce gaz est introduit dans l'enceinte à pression atmosphérique et à température ambiante. A 11.000 kelvin, le volume de gaz augmente.

Le phénomène (symétrique) du vortex conduit les particules à repasser plusieurs fois par la flamme plasma, ce qui permet de les vaporiser efficacement.

D'une part, une hélice est disposée au-dessus du mécanisme d'émission de la flamme, ce qui permet de faire tourner les gaz (vitesse  $v_1$ ) et donc, de pousser progressivement les particules vers le plasma. D'autre part, de l'autre côté de la paroi circule de l'eau (vitesse  $v_2=2*v_1$ ), utilisée pour refroidir le contenant.

Donc, le phénomène auquel on assiste, organisé autour du jeu des vitesses, engendre un mécanisme en chaîne proche du phénomène d'un tourbillon dans lequel les particules seraient emportées, ce qui expliquerait qu'elles repassent deux ou trois fois par la flamme plasma pour être vaporisées.

### *4.1.3 Réacteur de trempe*

Au cours de la synthèse des nanopoudres, la plupart des microparticules de poudres injectées s'évaporent dans la torche plasma, soumises à des températures élevées, et sont récupérées sous forme de nanoparticules. De l'eau s'écoule sur les parois extérieures du réacteur de tempe. Cette étape est nécessaire pour refroidir le contenant après l'évaporation des poudres, et éviter que les équipements utilisés dans la synthèse des

---

<sup>10</sup> SLPM : abréviation de « standard liter per minute », flux volumique dans des conditions standards de température et de pression ;  $1slpm = 1 \frac{stdl}{min} = 1,68875 \frac{Pa * m^3}{s}$

nanomatériaux ne fondent à cause de la chaleur. Suite au passage dans la zone de trempe, les nanoparticules se re-solidifient.

IVK se concentre sur le développement du *réacteur de trempe*, traitement thermique qui permettrait de refroidir brutalement les nanoparticules (*cfr métallurgie* : refroidissement d'un objet métallique par trempage dans l'eau pour fixer sa forme) pour parvenir à les figer (les empêcher de grossir) et éviter par la même occasion qu'elles se recombinent pour former des microparticules. Les dimensions de ce réducteur de trempe ont été étudiées pour que les particules aient le temps de se refroidir et de ralentir avant de se diriger vers le cyclone.

Après ces phases de vaporisation et de formation des nanoparticules, on constate que toutes les microparticules ne se sont pas transformées en nanoparticules. En effet, de 2 à 5% des particules restent sous forme microscopique.

Il semblerait que certaines microparticules soient déviées de leur trajectoire initiale. Repoussées par le vortex, elles prendraient des chemins latéraux et ne seraient donc pas vaporisées, étant donné que la température de la paroi est nettement moins élevée (20°C, à cause de l'eau qui coule de l'autre côté) que celle du centre de la flamme plasma.

Après calcul, on s'aperçoit que le temps de séjour d'une particule dans le réacteur de trempe est de 18 millisecondes. Dans le temps imparti, celle-ci doit émettre l'énergie qu'elle contient.

Au départ, sachant que  $PV = nRT$ , on pensait qu'en augmentant la puissance (exprimée en kW), la température augmenterait elle aussi (à raison d'un facteur de proportion évalué à  $\frac{1}{2}$  par rapport à la puissance), ce qui conduirait à une augmentation du volume de microparticules vaporisées et ainsi transformées en nanoparticules. Or, on constate que ce n'est pas le cas puisque les particules resteraient en fait moins longtemps à l'intérieur du plasma à cause de la puissance avec laquelle elles sont envoyées à l'intérieur de celui-ci et seraient de surcroît propulsées hors du réacteur.

#### 4.1.4 Cyclone

IVK est en train de fabriquer un *cyclone*, outil séparant les microparticules des nanoparticules. Les microparticules qui ne sont pas vaporisées par le plasma et dont la

masse est  $\geq 4\mu^{11}$  sont récupérées par le cyclone et tombent au fond d'un récipient disposé à la sortie de celui-ci. Par contre, les microparticules qui ne sont pas vaporisées et dont la masse est  $< 4\mu$  rebondissent au fond du récipient et se mêlent aux nanoparticules s'orientant en direction du filtre.

#### 4.1.5 Générateur haute fréquence

Suscitant encore le débat au sein des organes décisionnels, la fabrication d'un **générateur haute fréquence** adéquat permettrait de réguler les oscillations de charges électriques (à 13,56 MégaHertz) et donc, de stabiliser le plasma. Une phase de couplage y serait associée. Le courant du générateur serait sinusoïdal et pas continu car si c'était le cas, la température engendrée serait trop élevée.

En ce qui concerne la résonance électrique, une adaptation d'impédance est nécessaire, à savoir que l'impédance du circuit ( $Z_C$ ) et celle du générateur ( $Z_G$ ) étant différentes, la capacité du circuit ( $C$ ) doit être adaptée pour que le courant puisse passer, et que  $Z_C$  et  $Z_G$  soient en phase (résonances confondues sur le graphe). Seule la capacité peut varier étant donné que la fréquence ( $f$ ), la tension ( $\lambda$ ) et le courant ( $\delta$ ), envoyés vers le générateur, sont des paramètres qui doivent rester inchangés (fixés au départ). L'adaptation d'impédance sera différente à des fréquences différentes, ce qui est dû au rayonnement (présence de photons).

Chez Nanopôle S.A., la résonance électrique s'effectue sur un circuit parallèle.

#### 4.1.6 Filtre de collecte

IVK a conçu un **filtre de collecte** pour récupérer les nanoparticules. Quand celles-ci commencent à s'agglutiner sur la surface interne du filtre, un gaz est envoyé et la pression qu'il exerce fait en sorte que les nanoparticules se décrochent.

---

<sup>11</sup>  $\mu$  : l'indice "micro" est un préfixe d'unité de mesure équivalent à  $10^{-6}$  dans le système international d'unités

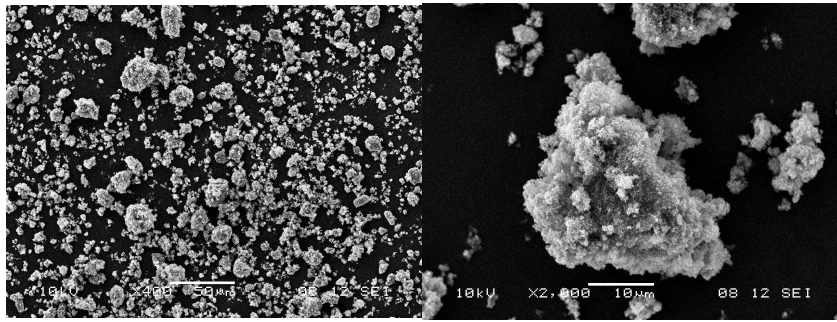


Schéma 3 – Images SEM à l'échelle nanométrique (à gauche) et micrométrique (à droite) des nanopoudres de SiC<sup>12</sup>

#### 4.1.7 Boite à gants

Une **Boite à gants** a été mise au point par Sirris et IVK pour récupérer les nanopoudres en les transférant sous argon, air oxygéné ou autre dans un pot, évitant ainsi tout contact avec l'extérieur, pour assurer une manipulation sécuritaire des nanopoudres.

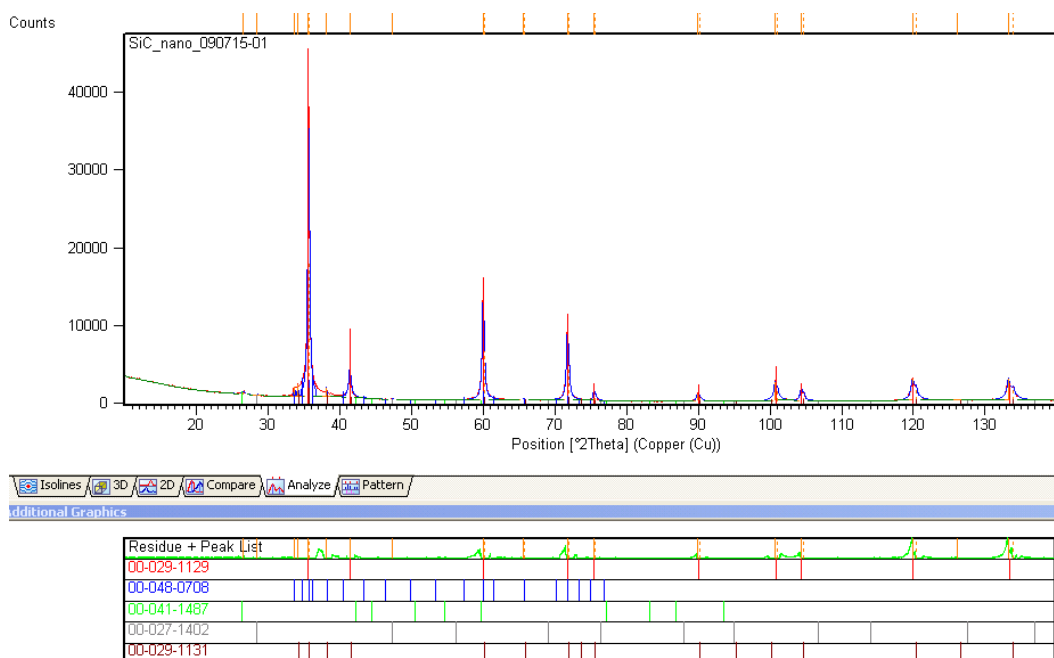


Schéma 4 – Images du spectre XRD : indicateur de la consistance des nanopoudres de SiC<sup>13</sup>

<sup>12</sup> S.GEORGE, « *Specification Sheet of nano powders (Confidential Document)* », Nanometric SiC, batch SiC-09-07-15-01-F2, LAB090805-02, Atmospheric RF Plasma, Sirris, 10/09/2009

<sup>13</sup> S.GEORGE, « *Specification Sheet of nano powders (Confidential Document)* », Nanometric SiC, batch SiC-09-07-15-01-F2, LAB090805-02, Atmospheric RF Plasma, Sirris, 10/09/2009

#### 4.1.8 Pompe à vide

Les calculs sont en cours pour finaliser la *pompe à vide*, outil permettant d'extraire les gaz contenus dans l'enceinte en créant une dépression atmosphérique.

#### 4.1.9 Recyclage des gaz

Les gaz sortants du filtre sont récupérés et réinjectés dans la torche plasma, pour éviter tout gaspillage et réduire les impacts néfastes du processus de production sur l'environnement.

#### 4.1.10 Black Box

La *Black Box* a été créée pour piloter à distance le processus ou sur place afin de recueillir des informations. Le système de pilotage a été mis au point par Technord Automation sur base du système PCS7<sup>14</sup> et la Black Box a été développé par *Open Engineering* ; elle permet de spécifier les démarches à entreprendre (dosage, ajustement température, etc) dans le processus pour obtenir une quantité donnée de nanoparticules d'un certain type. A l'heure actuelle, le procédé est à la fois semi-automatique (pour la purge) et manuel (pour les autres opérations de lancement du processus plasma sans poudre et après avec injection de poudres). Quand la machine sera prête, tout sera automatisé. L'avantage de cette black box par rapport à celles existant sur le marché est qu'elle contient un programme ayant les équations de pilotage des diverses consignes telles que le débit de gaz, le débit de précurseurs et la puissance d'alimentation du générateur.

Des paramètres ont été fixés : les réglages mécaniques sur la torche et la trempe et la taille des poudres injectées. En effet, il est inutile de faire varier l'entièreté des paramètres. De plus, cela demanderait un temps considérable et des moyens financiers colossaux pour analyser toutes les possibilités.

---

<sup>14</sup> Système de contrôle des procédés

#### 4.1.11 Confinement

Les étapes énumérées ci-dessus ne sont rendues possibles que grâce au **confinement**, réalisé par Aseptic Technologies.

Ce confinement est présent à deux niveaux. D'une part, au niveau de la conception de la machine étant donné que, à aucun moment du processus, les particules n'entrent en contact avec l'extérieur ou ne sortent de celui-ci sans une opération de soustrage autorisée. D'autre part, tout un local entoure la machine (cfr schéma ci-dessous). Celui-ci est accessible via un sas, zone de transfert sécurisée et étanche, permettant le passage entre deux milieux différents soumis à des pressions différentes.

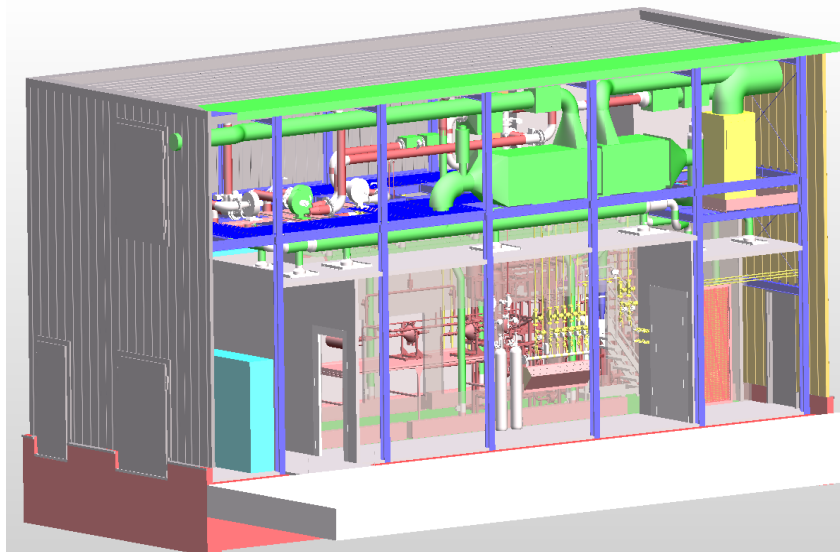


Schéma 5 – Local de confinement contenant le prototype de la ligne de production de nanopoudres<sup>15</sup>

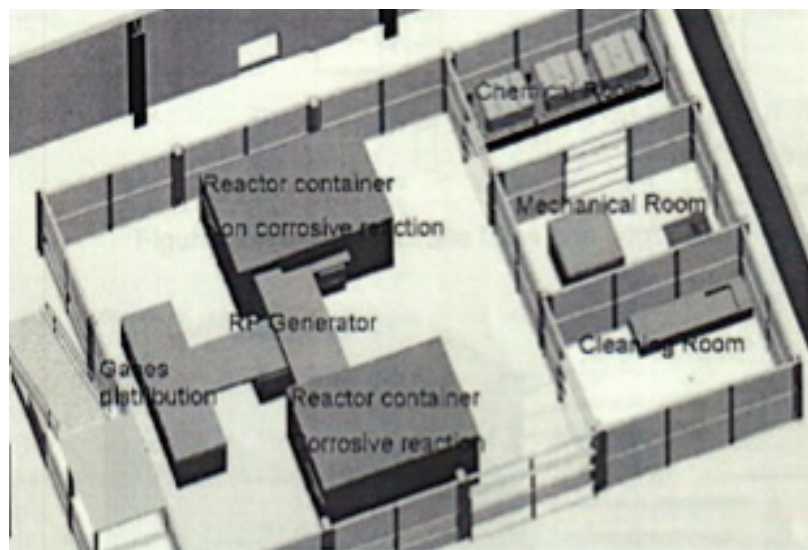
<sup>15</sup> Institut Von Karman, "Prototype MARS – Implantation dans le local de confinement", 20120217\_supports\_presentation\_nanopole.pptx, 17/02/2012.

## 4.2 Les installations de production

Pour nous rendre compte sur place des équipements utilisés et afin de bien cerner les étapes du processus, Monsieur Lecourt nous a présentés aux ingénieurs et scientifiques travaillant à l'Institut Von Karman et chez Sirris. Monsieur Cambier de l'Institut von Karman et Monsieur Salmon de Sirris, nous ont permis de découvrir les techniques développées au cours du projet.

### 4.2.1 Sirris

Lors de la visite, nous avons vu les équipements suivants : la torche, le filtre, le cyclone, la pompe à vide, le circuit de refroidissement et le programme d'engineering semi-automatique.

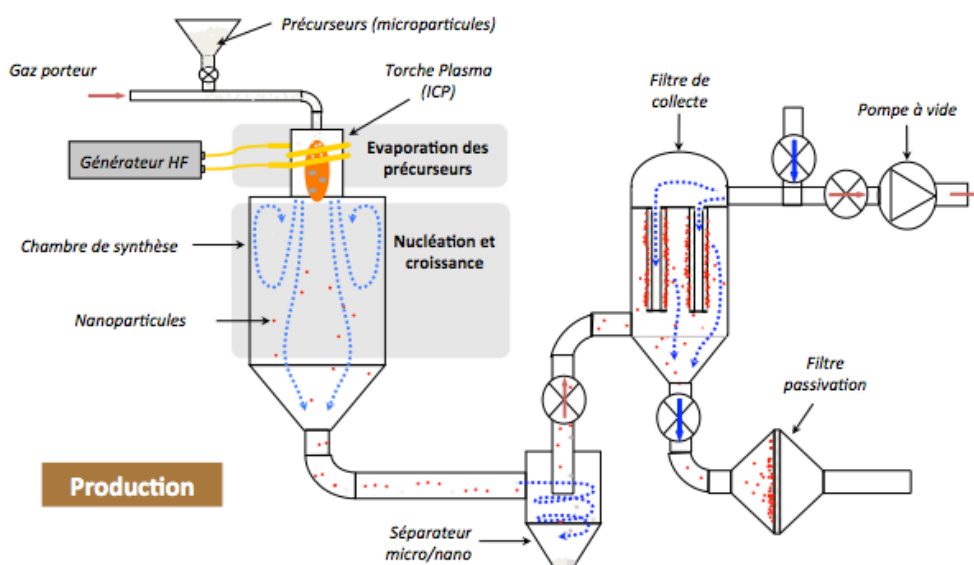


*Schéma 6 – Implantation des deux lignes (corrosive et non-corrosive)<sup>16</sup>*

Sirris est une entreprise principalement composée d'ingénieurs et de scientifiques qui s'appliquent notamment, dans le cadre du projet Nanotech, à analyser des échantillons de nanoparticules en laboratoire. C'est à cette fin qu'ils ont conçu une double usine productrice de nanopoudres, protégée par des parois hermétiques. De nombreux systèmes de sécurité ont été mis en place pour que les personnes qui pénètrent dans cette zone ne perturbent pas les conditions atmosphériques requises pour mener à bien les

<sup>16</sup> Dossier confidentiel – Nanopôle S.A.

expériences. En effet, le passage du hangar à la zone confinée induit un changement de milieu. Or, qui dit changement de milieu dit aussi changement des conditions atmosphériques. C'est pourquoi, un SAS est nécessaire ; il s'agit d'un espace confiné, situé au passage entre deux milieux qui présentent des différences d'ordre physico-chimiques.



*Schéma 7 – Principe de fonctionnement du prototype<sup>17</sup>*

De plus, lorsque l'usine tourne, les techniciens alimentant la machine en gaz et en microparticules doivent être munis d'un tablier et d'un masque filtrant. Ceux qui s'attèlent à la maintenance et à l'ouverture de la ligne sont quant à eux munis d'un masque hydrophile. Des tests de dépression et de surpression sont réalisés afin de vérifier que les vannes laissant passer les gaz sont bel et bien closes avant de mettre en route la machine, pour s'assurer que les expériences se produiront dans un cadre adapté.

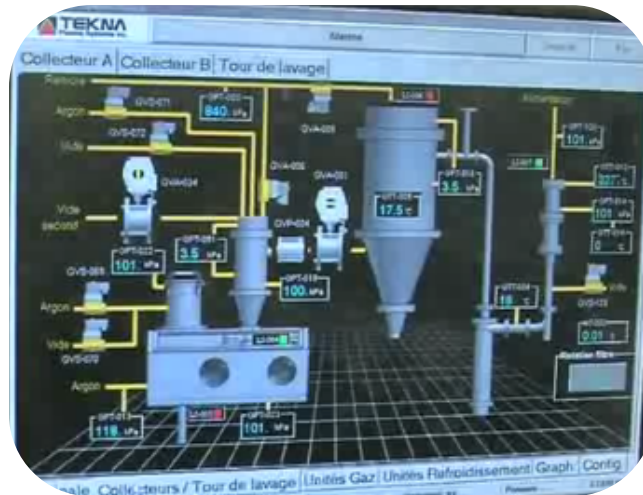
Actuellement, les études réalisées par Sirris portent sur le carbure de silicium. Le gaz utilisé pour alimenter la flamme plasma est de l'hydrogène, connu pour sa grande réactivité. Auparavant, Sirris produisait du dioxyde de zirconium dans le cadre du projet, ce qui nécessitait l'usage d'oxygène plutôt que d'hydrogène. Cependant, les investissements nécessaires pour assurer le confinement de la machine dans son ensemble étaient bien plus élevés étant donné que le plasma à oxygène n'est exploitable qu'à haute température. De plus, la machine en question étant conçue en inox, les

<sup>17</sup> Institut Von Karman, "Prototype MARS – Principe de fonctionnement", 20120217\_supports\_presentation\_nanopole.pptx, 17/02/2012.

scientifiques étaient confrontés à un dilemme supplémentaire car ce matériau réagit chimiquement en présence d'oxygène. Dès lors, la machine s'oxydait lorsque des températures trop élevées étaient atteintes.

De l'eau de ville est nécessaire pour refroidir la pompe à vide et le réacteur. Pour des raisons écologiques, un processus a été mis en place afin d'empêcher que l'eau ne soit éjectée dans l'atmosphère à un moment donné sur la ligne de production. De plus, des soupapes de sécurité ont été disposées à des endroits clés pour éviter que, si les tuyauteries d'eau étaient soumises à des variations de pression, celles-ci n'exploient, déversant ainsi autour d'elles toute l'eau qu'elles contiennent. Le même dispositif a été prévu pour les gaz dits porteurs injectés à différents endroits au cours de la production, à savoir l'hélium, l'argon et l'hydrogène.

L'interface graphique du programme, mise au point par Technord Automation, assure une visibilité globale sur l'ensemble du processus de production. Une unité de Siemens a parallèlement conçu le logiciel, nécessitant une licence d'utilisation. Cette combinaison d'outils permet aux opérateurs de manipuler et de réguler le processus avec facilité, et leur évite de commettre des erreurs dans les paramètres à régler. En effet, tous les paramètres sont quadrillés, qu'il s'agisse de la pression en entrée, du débit des gaz de gainage, centraux et autres, en prenant en compte leurs propriétés intrinsèques. Un système d'alarme se déclenche lorsqu'un problème surgit dans la machine quand la phase de production commence. Un signalement apparaît alors sur l'écran, indiquant l'endroit où les capteurs ont détecté une anomalie, ceux-ci étant placés à des intersections de tuyaux ainsi qu'à tout emplacement où des gaz et des liquides sont susceptibles de s'écouler. L'alerte se présente sous la forme d'un clignotant jaune, orange ou rouge, selon la gravité de la situation. Après avoir déterminé quel était le problème, les chercheurs évaluent quelle pourrait en être la source, sur base de toutes les possibilités à leur portée.



*Schéma 8 – Interface graphique du programme<sup>18</sup>*

L'analyse en laboratoire consiste à examiner les échantillons de nanopoudres produites en modifiant les paramètres d'injection des poudres et le débit des gaz, l'objectif étant de parvenir à produire des nanoparticules consistantes, de même forme et aussi pures que possible. Pour ce faire, le laboratoire de Sirris a, à sa disposition, des instruments à la pointe de la technologie.

Tout d'abord, on convient de la présence d'un diffractomètre, instrument permettant d'analyser le diagramme de diffraction des rayons X sur les échantillons de nanopoudres. Il s'agit là d'une méthode d'analyse physico-chimique qui n'est pratiquée que sur les cristaux, comme les métaux. Dans le cas bien précis qui nous occupe, cet ustensile nous permet de distinguer la composition des silices utilisées. En effet, même si elles partagent la même formule chimique brute, ces silices ont des propriétés distinctes. Grâce à la diffractométrie, on peut vérifier que les particules fabriquées sont de même forme. De nos jours, cela a de l'importance dans le monde industriel car aucune entreprise ne souhaite investir dans une machine qui produirait des nanopoudres de forme différentes (standardisation des produits). Cette technique est aussi utilisée afin de déterminer le résultat de la réaction chimique, à savoir les produits réactionnels.

A l'aide d'autres instruments comme Sortomatic et Q-surf<sup>19</sup>, les échantillons sont analysés afin de définir la surface spécifique, qui détermine la zone de réactivité des nanopoudres. Pour une masse donnée, plus les poudres sont fines, plus la surface

<sup>18</sup> Pôle MécaTech, vidéo "Lancement du projet Nanotech", <http://www.polemecatech.be/en/film/nanotech.html>, 17/09/2011.

<sup>19</sup> Appareils de laboratoire utilisés pour la caractérisation des poudres.

spécifique est importante et plus la réactivité est importante. En effet, la surface spécifique est inversement proportionnelle au rayon des nanopoudres. Une analyse de la densité des poudres est aussi prévue, afin de déterminer si les nanopoudres sont consistantes.

Sirris emploie également un appareil commercialisé par l'entreprise Nanophase, permettant de contrôler la distribution de la taille des particules, en évitant qu'elles ne forment des agglomérats.

Le laboratoire est confiné dans un espace demeurant clos durant les manipulations. De l'air filtré passe par des manchons pour ensuite pénétrer dans le laboratoire, voyageant à travers un conduit pour s'engouffrer dans une table aspirante afin que l'air y soit renouvelé. Par ailleurs, les armoires contenant les nanopoudres expérimentales sont ventilées en permanence. Chaque échantillon est contenu dans un paquet étiqueté et référencé, pour assurer la traçabilité des matériaux. Le système de sécurité mis en place respecte les normes ISO 9001.

Malgré toutes les mesures qui sont prises pour éviter la contamination des échantillons, les laborantins sont conscients que certains éléments ne peuvent être maîtrisés. Les nanoparticules étant très réactives, elles s'oxydent légèrement pendant le court instant où elles sont récupérées sur la ligne de production et celui où elles sont analysées au laboratoire.

Plusieurs éléments restent à améliorer dans l'usine de production. Les chercheurs sont pleinement conscients de cet état de fait et réfléchissent déjà à des alternatives.

Premièrement, le seul liquide qui alimente les circuits est l'eau. Le problème se poserait si la pompe à vide cessait de fonctionner. Si cela venait à se produire, toute la production s'arrêterait brutalement, faisant ainsi perdre à l'industriel plusieurs heures voire plusieurs journées de production, ce qui se chiffrerait en termes de manque à gagner.

Deuxièmement, les vannes utilisées pour injecter les gaz sont standards, elles ne sont pas adaptées à la manipulation de matières dangereuses, comme les nanoparticules. Si une fuite de nanoparticules survenait, cela pourrait avoir des conséquences désastreuses sur l'environnement ambiant.

Troisièmement, étant donné que de nombreux gaz sont utilisés au cours du processus et que les tuyauteries se chevauchent, lorsque des fuites de gaz sont détectées par les capteurs, les opérateurs ont peine à dénicher le gaz qui en est la cause. A la sortie, les nanoparticules pourraient présenter des différences dans leur composition, ce qui aurait une incidence sur leur degré de pureté.

Quatrièmement, des antiretours sont disposés à différents endroits. Leur rôle est de contenir les nanoparticules. Cependant, on observe après un certain temps que celles-ci exercent une pression telle sur les antiretours qu'elles produisaient le mécanisme inverse. Une des priorités actuelles est donc de sécuriser le processus.

#### *4.2.2 Institut Von Karman*

L'Institut Von Karman réalise des recherches thématiques sur la production de nanoparticules, autour du transport des nanoparticules, de la nucléation et de la filtration.

De nombreuses études y ont été menées sur le sujet. Le traitement des nanoparticules de silicium en surface fait l'objet de nombreuses recherches, en vue de favoriser leur dissolution en milieu aqueux. Actuellement, les scientifiques qui y travaillent attachent une attention particulière au phénomène de passivation des nanoparticules<sup>20</sup>. Celui-ci consiste à déposer une couche d'oxyde sur les nanoparticules pour éviter qu'elles ne s'oxydent rapidement au contact de l'air ambiant, tout en s'assurant qu'elles restent suffisamment réactives.

Nanopôle S.A. a proposé aux membres de l'Institut Von Karman d'entamer une collaboration car l'équipe en place avait mis au point une expertise en écoulement plasma. De plus, ils cherchaient à l'époque à en savoir plus sur la synthèse des nanopoudres ainsi que sur la filtration des nanoparticules. C'est ainsi qu'une doctorante a établi un code de calcul sur les écoulements plasma, en y intégrant un système d'équations.

Certaines recherches portent sur le carbure de silicium. Ils analysent les produits réactionnels présents en solution en fonction de la variation de différents paramètres au

---

<sup>20</sup> Institut de Rayonnement Matière de Saclay, unité du Centre d'Energie Atomique (France), "[http://iramis.cea.fr/slic/Phocea/Vie\\_des\\_labos/Ast/ast.php?t=brevet&id\\_ast=1520](http://iramis.cea.fr/slic/Phocea/Vie_des_labos/Ast/ast.php?t=brevet&id_ast=1520)", site consulté le 20/09/2011.

cours de la réaction dont la température de la flamme plasma, les réactifs et la quantité de poudres de SiC injectées. Pour l'instant, une inconnue apparaît dans leur modèle d'équations, à savoir la vitesse à laquelle les particules se déplacent au cours du processus.

Les chercheurs de l'Institut Von Karman souhaiteraient valoriser le modèle de l'écoulement plasma ainsi que celui de la nucléation sous forme d'un code commercial utilisant comme support « Fluent », un logiciel de simulation de modélisation des flux, lié de près à la mécanique des fluides. Ils pensent changer de logiciel d'analyse, le coût de la licence annuelle d'utilisation de « Fluent » étant assez onéreux, en passant à « OpenFOAM », un logiciel open source, présentant à peu de choses près les mêmes possibilités que « Fluent ». Après avoir effectué une comparaison des résultats obtenus sur « OpenFOAM », les scientifiques se sont en effet aperçus qu'ils étaient pratiquement identiques.

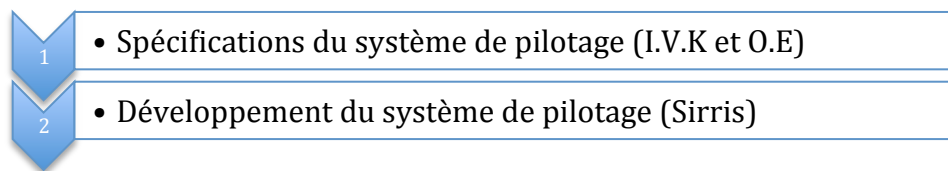
Nombre de leurs publications paraissent régulièrement dans les revues scientifiques. Celles-ci peuvent être considérées comme un support d'aide au design d'une usine de production de nanoparticules mais les résultats chiffrés des recherches effectuées n'y paraissent pas.

Le dilemme auquel font face les membres du projet est le manque de main d'œuvre spécialisée. En effet, tous les techniciens participant à la construction de l'usine d'essai doivent avant tout être formés dans des centres destinés à cet effet. Cela retarde considérablement le délai de réalisation de la machine, étant donné que l'assemblage des pièces prend plus de temps que prévu. De plus, travaillant en général sur plusieurs projets en même temps au sein même de l'Institut, ils ne peuvent se consacrer uniquement à cette tâche. Enfin, le nombre de techniciens est restreint à deux personnes pour le moment.

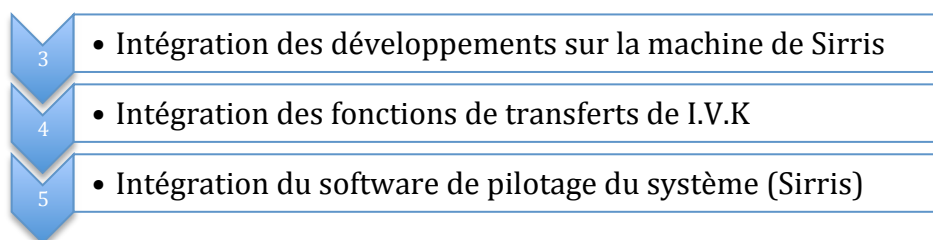
### 4.2.3 Vue d'ensemble des spécifications fonctionnelles et de la modélisation du système<sup>21</sup>

Dans un premier temps, une étude a été réalisée pour identifier et développer les spécifications liées à l'interface homme-machine afin de pouvoir piloter l'installation de production sur un écran. Dans un deuxième temps, des essais d'intégration ont été effectués à différents niveaux.

Choix du hardware et spécifications de l'interface homme-machine :



Modélisation du système du réacteur de SIRRIS et tests :



## 5. Acteurs au sein du projet Nanotech : collaborations et alliances

Labellisé par le pôle Mécatech, la société Nanopôle S.A. a été nommée coordinatrice du projet Nanotech, réalisé avec la collaboration de dix partenaires dont des industriels qui développeront les nouveaux produits intégrant ces nanopoudres. L'Institut von Karman a modélisé les éléments de la ligne de synthèse et l'UCL les réactions chimiques à haute température.

---

<sup>21</sup> Proposition de Technord Automation, « recherche et développement pour le pilotage de l'unité de production de nanopoudres via modèle mathématique »



## 5.2 Présentation des partenaires

### 5.2.1 Unités de recherche

#### a) Université Catholique de Louvain - Unité IMAP : Modélisation de la réaction chimique



L'unité IMAP<sup>23</sup> est composée de membres académiques, de chercheurs et de membres du personnel administratif et technique.

La formation des nanoparticules spécifiques par réaction chimique dans la torche au plasma permet la production de nanoparticules. Pourtant, l'apparition des réactions chimiques complique de manière significative la conception, l'opération et la simulation des torches au plasma. Le projet proposé vise à étudier expérimentalement la cinétique des réactions chimiques et la nucléation de nanoparticules.

Dans une première étape, des données expérimentales quantitatives sur la cinétique des réactions et sur la nucléation des nanoparticules pour des systèmes de Si + CH<sub>4</sub>, Ti + CH<sub>4</sub>, SiCl<sub>4</sub> + CH<sub>4</sub>, et TiCl<sub>4</sub> + CH<sub>4</sub> ont été mesurées sur une installation plasma à l'Institut Von Karman.

Dans une deuxième étape, la cinétique des réactions chimiques et de la nucléation de nanoparticules spécifiques a été modélisée. Les modèles retenus sont intégrés dans un programme existant de simulation des torches au plasma, permettant la simulation de la production de nanoparticules spécifiques afin d'optimiser les conditions opérationnelles de production de nanoparticules spécifiques.

Dans une dernière étape, la production de nanoparticules spécifiques et les modèles de simulation seront testés sur l'installation de Sirris.

---

<sup>23</sup> UCL, Institute of mechanics, materials and civil engineering (IMAP), site: <http://www.imap.ucl.ac.be/>

*b) Institut Von Karman : Modélisation de la réaction et design du réacteur plasma inductif*



L'Institut von Karman<sup>24</sup> (IVK) est un centre d'enseignement et de recherche au niveau post-universitaire de renommée mondiale. Il fut créé en 1956 sous l'égide de l'OTAN et est toujours financé par 12 de ces pays dont la Belgique. Le point commun de toutes les études menées est la dynamique des fluides.

Le rôle confié à l'institut dans le cadre du projet Nanotech consiste d'une part à concevoir le futur réacteur plasma qui génèrera les nanopoudres, et d'autre part, à comprendre et expliquer son fonctionnement afin de faciliter son futur pilotage et son exploitation industrielle. Le programme de recherches comprend notamment une étude théorique de l'injection des précurseurs solides sous forme de poudres micrométriques au sein de la décharge plasma afin de vaporiser les ingrédients nécessaires à l'apparition de nanoparticules des produits désirés par refroidissement contrôlé du gaz chaud.

Une part de la tâche qui attend les chercheurs de l'IVK consiste à développer des outils de diagnostics avancés permettant de révéler les secrets des mécanismes en action dans ce procédé. Le rôle des expérimentations ainsi que l'utilisation des moyens de calcul numériques intensifs permettra d'expliquer le comportement de l'écoulement magnétohydrodynamique à l'intérieur du réacteur.

*c) Sirris : fabrication de nanopoudres*



Sirris<sup>25</sup> regroupe plus de 135 ingénieurs et techniciens spécialisés mis au service de l'industrie et plus particulièrement aux secteurs de la fédération des industries technologiques Agoria.

Sirris a acquis une installation de fabrication de nanopoudres par plasma unique en Europe, qui permet la synthèse d'un très grand nombre de nanopoudres de types oxydes, nitrures, carbures et métaux purs. Dans le cadre du projet Nanotech, les actions des

<sup>24</sup> Institut Von Karman, site: <https://www.vki.ac.be/>

<sup>25</sup> Sirris, site: <http://www.sirris.be/homePage.aspx?LangType=2060>

partenaires pourront être évaluées ou testées sur l'installation actuelle, pour faciliter la compréhension du procédé.

Les actions spécifiques de Sirris se divisent en trois parties principales: la mise au point de la production de différents types de nanopoudres pour les applications des 3 partenaires clients, l'optimisation du processus ainsi que la sécurité et la maintenance globale.

L'objectif de Sirris est d'améliorer, flexibiliser sa ligne "laboratoire" offrant aux industriels de son secteur une entité sécurisée pour mettre au point de nouvelles applications et des produits innovants à haute valeur ajoutée, où des nanopoudres sont incorporées.

### *5.2.2 Industrialisation : fabrication des équipements et produits*

#### *a) Aseptic Technologies : conception de l'équipement de confinement*



Aseptic Technologies <sup>26</sup> est spécialisée dans la recherche, la conception et la commercialisation d'équipements pour des opérations aseptiques et stériles.

Les nanoparticules peuvent présenter des risques pour l'environnement et pour les personnes qui entrent en contact lors de la production. Un équipement de production de nanoparticules intégré à été conçu, composé de l'unité propre de génération des particules mais aussi d'un système de confinement qui comprend des unités de filtration d'air, des équipements de transfert, ainsi que des matériaux non-absorbants, pour éviter toute contamination externe.

Pour réaliser cet objectif, Aseptic Technologies, étudiera et développera au départ de son expertise actuelle, des techniques de construction de zones classifiées et confinées, des systèmes de filtration validés pour les nanoparticules ainsi que des équipements appropriés de transfert de particules entre les différents composants d'une unité de production complète.

---

<sup>26</sup> Aseptic Technologies, site: <http://www.aseptictech.com/aseptic/>

*b) Open Engineering: fonction de transfert*



Open Engineering<sup>27</sup> est une spin-off du LTAS et du groupe Samtech spécialisée dans l'édition de software de Computer Aided Engineering orientés multiphysiques.

Dans un premier temps, Open Engineering prendra en charge la modélisation des périphériques d'alimentation et d'exploitation de la torche plasma et intégrera les modèles mutliphysiques du réacteur en vue de réaliser un modèle d'analyse fonctionnelle de l'ensemble du processus de fabrication. Ce modèle permettra d'identifier les paramètres optimaux du système en fonction du type de poudre et de simuler le comportement du système afin de contrôler efficacement son fonctionnement.

En parallèle, Open Engineering définira et développera l'interface homme-machine qui, couplée à un modèle comportemental du système intégré au boîtier de commande, permettra à l'opérateur de contrôler en temps réel le fonctionnement nominal du réacteur.

*c) Industrial Robotics Automation : système d'alimentation*



L'activité d'IRA<sup>28</sup> est centrée sur la fabrication d'appareils d'alimentation et d'orientation de petites pièces mécaniques de précision et de soudure fine.

IRA intervient dans le projet Nanotech dans la phase de fabrication d'équipements intégrés.

- Leur objectif est d'alimenter la torche plasma en poudres de manière homogène et continue quelque soit la nature de la poudre. En effet, la densité, la granulométrie et le coefficient de frottement varient en fonction de la nature de la poudre. Or ces valeurs interviennent dans la vitesse de transport de la poudre dans un bol vibrant, et donc influencent le débit. Le challenge qui est posé est de trouver un système qui s'adapte à ces trois facteurs pour garantir un débit constant. Les étapes prévues sont les suivantes :

<sup>27</sup> Open Engineering, site: <http://www.open-engineering.com/>

<sup>28</sup> Industrials Robotic Automation, site: <http://www.ira.be/>

- Réaliser des essais de dosage avec les différentes poudres pour vérifier leur comportement dans un bol vibrant et parvenir à anticiper des problèmes éventuels de colmatage et autres
- Concevoir l'alimentation et le dosage
- Instrumentaliser la ligne
- Piloter l'ensemble

*d) Technord Automation : contrôle du processus de production*



Technord<sup>29</sup> est un groupe industriel de services dédiés à l'industrie.

### *5.2.3 Applications industrielles*

*a) Magotteaux International : matériaux composites*



Le groupe Magotteaux<sup>30</sup> est le leader mondial de la pièce d'usure coulée en fonte ou en acier, destinée aux processus de concassage/broyage mis en œuvre dans les industries "extractives" telles que la cimenterie, les mines, les carrières et le dragage. Les nouveaux matériaux mis en œuvre aujourd'hui par Magotteaux pour réaliser ses produits les plus performants font appel, en tout ou en partie, aux techniques de la céramique.

Le projet Nanotech apportera des solutions nouvelles qui permettront de conférer à ces céramiques des performances uniques au monde.

<sup>29</sup> Technord Automation, site: <http://www.technord.com/fr/>

<sup>30</sup> Magotteaux, site: <http://www.magotteaux.com/>

*b) Diarotech : outils de forage*



Diarotech <sup>31</sup> participe à divers programmes de recherches reliés à l'utilisation de la technologie laser dans l'implémentation d'abrasifs tels que des poudres nanométriques. Diarotech est équipée d'un matériel de laboratoire très sophistiqué, permettant de faire des analyses de matières premières ainsi que de produits finis.

*c) General Metal Alloys : projection thermique*



General Metal Alloys<sup>32</sup> se sont concentrés sur l'étude de la projection thermique.

*d) Nanopôle : coordination du projet Nanotech*



Nanopôle S.A. a été chargée de coordonner la réalisation du projet Nanotech.

---

<sup>31</sup> Diarotech, site: <http://www.diarotech.com/>

<sup>32</sup> General-Metal-Alloys, site: <http://www.generalmetalalloys.be/>

### 5.2.4 Récapitulatif des rôles des partenaires

<b>IMAP</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Etude cinétique et simulation des réactions chimiques et de la formation de nanopoudres dans la torche plasma</li></ul>
<b>I.V.K.</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Modélisation et design d'un réacteur plasma inductif pour la synthèse des nanopoudres</li></ul>
<b>SIRRIS</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Synthèse de nanopoudres et optimisation du processus de production de nanopoudres à l'aide d'un modèle mathématique</li></ul>
<b>Aseptic Technologies</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Conception d'équipements de confinement pour opérations de production, de manipulation et de stockage de nanoparticules</li></ul>
<b>Open Engineering</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Recherche et développement d'un logiciel de modélisation fonctionnelle assurant le pilotage d'une ligne intégrée de production de nanopoudres par torche plasma</li></ul>
<b>Industrial Robotics Automation</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Design et construction d'un système d'alimentation et de dosage de poudres</li></ul>
<b>Technord Automation</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Recherche et développement pour le pilotage de l'unité de production de nanopoudres à l'aide d'un modèle mathématique.</li></ul>
<b>Magotteaux International</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Matériaux composites à base d'alumine et de zircone</li></ul>
<b>Diarotech</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Synthèse et frittage de nanopoudres de WC pour outils de forage</li></ul>
<b>General Motors</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Projection thermique des nanopoudres</li></ul>
<b>Nanopôle</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Coordination et gestion du projet Nanotech</li></ul>

## 6. Conclusion

En 2007, le consortium du projet Nanotech, coordonné par Nanopôle S.A., a relevé le défi de concevoir une ligne de production de nanopoudres ; à cette époque, il s'agissait de la deuxième en Europe (voire dans le monde entier). Cette étape du projet a abouti à la réalisation d'un prototype.

En 2012, la phase de commercialisation des produits et équipements mis au point au cours du projet a été lancée. Ce motif a guidé Nanopôle S.A. dans sa demande de support auprès de la Région Wallonne pour réaliser une étude de développement stratégique à l'exportation.

## *PARTIE 2 - Analyse stratégique*

L'apanage d'une réussite commerciale dépend essentiellement de l'analyse effectuée avant la mise en place d'une stratégie opérationnelle.

La structure préconisée par David AAKER dans son livre intitulé « Strategic market management » est le fil conducteur sur lequel repose l'analyse stratégique choisie pour Nanopôle S.A.

Pour consolider les éléments de contenu mis en exergue dans cette analyse, le cours de Nadia SINIGAGLIA, Professeur à l'Université Catholique de Louvain-Mons, intitulé « Gestion de l'innovation technologique » et dispensé au cours de l'année académique 2010-2011 a été appliqué dans l'analyse interne et externe de la société Nanopôle S.A. Les forces de Porter ont notamment été appliquées à la société pour analyser la concurrence entre les firmes existantes sur le marché, la menace des entrants potentiels, le pouvoir de négociation des clients, la menace des produits substitués. La notion de protection de l'innovation a aussi été retenue car elle était adaptée au cadre d'analyse pour une PME innovante comme Nanopôle S.A.

De plus, les bases de données des pays de prospection mises à notre disposition par l'AWEX ont permis d'enrichir cette analyse en y apportant une dimension pratique, reposant sur des recherches effectuées sur le terrain par les spécialistes de marché locaux.

Pour mieux comprendre l'environnement dans lequel évolue Nanopôle S.A., une analyse contextuelle s'impose. Nous avons pris pour structure le schéma classique de l'analyse SWOT reposant sur quatre piliers principaux à savoir « forces », « faiblesses », « opportunités » et « menaces », pour développer une vision d'ensemble de la situation.

L'analyse stratégique a été scindée en deux phases : l'analyse externe et l'analyse interne. L'analyse externe est une analyse des contraintes environnementales extérieures qui touchent l'entreprise et la confrontent aux opportunités et menaces qui en découlent. Les principaux facteurs que nous aborderons seront l'analyse du client potentiel, de la

concurrence et du marché. L'analyse interne contribue à la mise en place d'un plan d'actions en stratégie marketing, y compris une analyse de performance et les déterminants des options stratégiques.

## 1. Analyse Externe

Pour entreprendre une analyse qui convienne à la complexité du projet, étant donné qu'il n'existe pas de canevas standard s'adaptant parfaitement au cas de Nanopôle S.A., nous avons fait appel à plusieurs références théoriques afin de construire une stratégie pertinente.

### 1.1 Analyse du client potentiel

Le profil du client potentiel est difficile à catégoriser étant donné que peu d'informations sont disponibles à l'heure actuelle. Après avoir entamé une recherche d'informations, nous nous sommes aperçus qu'il s'agissait principalement de PME innovantes, de multinationales, et d'universités. Les attentes de ces trois catégories sont en général spécifiques et à traiter au cas par cas.

Nous souhaitons identifier les clients potentiels susceptibles d'être convertis en acheteurs réels.

- Les **PME innovantes** cherchent sans cesse des idées originales capables d'améliorer les techniques ou produits qu'ils ont conçus afin de faire face à la concurrence sur des marchés de niche. De par sa structure modeste, une PME est plus flexible qu'une multinationale, ce qui lui permet d'adapter plus facilement des nouveautés dans son processus.
- Les **multinationales** sont à l'affût de procédés novateurs en nanotechnologies en l'occurrence soit pour améliorer les performances de produits déjà commercialisés soit pour développer de nouvelles gammes de produits aux résultats inégalés jusqu'ici afin de demeurer leader du marché. Il arrive même qu'une multinationale achète un brevet publié par des chercheurs pour éviter

qu'un concurrent ne commercialise un produit plus performant ou pour développer un nouveau concept sur base du brevet.

- Les *chercheurs d'universités* contribuent en équipe au développement de connaissances nouvelles dans le domaine des nanotechnologies en participant à des projets nationaux ou internationaux. En combinant leurs compétences spécifiques, certains projets aboutissent à des résultats concrets, immortalisés par des brevets, rendant leurs auteurs connus. Certains industriels achètent le droit d'exploitation du brevet, moyennant le paiement de royalties, à savoir une redevance régulière que « *l'utilisateur d'un brevet doit verser à l'inventeur et qui est proportionnelle au nombre d'objets fabriqués.* »<sup>33</sup>.

## 1.2 Analyse de la concurrence

D'une part, nous distinguerons deux types de concurrents sur le marché des nanopoudres: les entreprises qui commercialisent des lignes complètes de production de nanopoudres et celles qui vendent uniquement les nanopoudres. Il existe également des sociétés qui, comme Nanopôle S.A., souhaitent promouvoir ces deux types de ventes. Plusieurs barrières à l'entrée sont à envisager pour pénétrer le marché des nanopoudres.

D'autre part, si nous considérons l'ensemble des technologies existantes permettant la production de nanoparticules, sept méthodes de fabrication sont connues à l'heure actuelle.

### 1.2.1 La ligne de production de nanopoudres

Tekna est le principal concurrent de Nanopôle S.A en ce qui concerne la commercialisation de lignes de production de nanopoudres par torche plasma.

Cette entreprise, située à Sherbrooke, sur la Côte-Est du Canada, bénéficie de 20 ans d'expérience dans l'application de cette technologie. « *Tekna est spécialisé dans le développement, la conception et la construction de systèmes plasma pour la synthèse de nanoparticules, le revêtement par déposition plasma et le traitement de poudre*

---

<sup>33</sup> <http://fr.wikipedia.org/wiki/Redevance>

*thermique tels que la sphéroïdisation et la purification à des fins de recherche en laboratoire et les procédés à l'échelle industrielle. »<sup>34</sup>*

Tekna a des filiales dans de nombreux pays, notamment sur les marchés asiatiques et les employés qui la composent sont beaucoup plus nombreux que les membres du projet Nanotech réunis, ce qui permet à Tekna de développer plusieurs projets en même temps, afin de répondre aux attentes du plus grand nombre possible de clients et de préserver leur suprématie.

La différence principale qui existe entre Tekna et Nanopôle S.A. est que Tekna propose à ses clients un plus vaste panel de nanopoudres ainsi que plusieurs systèmes de développement et unités de production industrielle de nanopoudres par plasma induit.

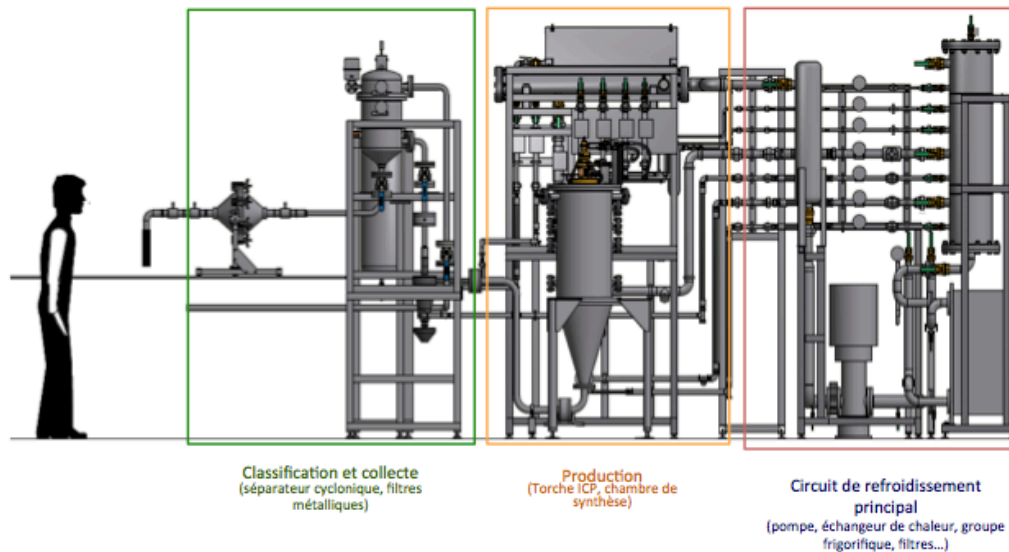
Actuellement, Tekna a presque le monopole sur le marché. Pour conserver les parts de marché de l'entreprise, le directeur de Tekna surveille de près la concurrence et n'hésite pas à entamer des actions en justice sur base des brevets déposés par la concurrence pour freiner l'arrivée de nouveaux entrants sur le marché.

Pour protéger son innovation, Nanopôle S.A. a été amenée à déposer un brevet relatif à la description du procédé de fabrication, dont le numéro de publication international est WO 2008/119141 A1. Pourtant, étant donné qu'une publication est accessible à tout le monde, l'entreprise a décidé de conserver certains détails du procédé et du calcul de modélisation secret.

On pourrait considérer que l'innovation mise au point par le projet Nanotech est architecturale puisque les partenaires ont imaginé un nouveau procédé de production de nanopoudres par procédé plasma, tout en conservant certains principes de base sur lesquels Tekna s'était appuyée pour concevoir sa propre installation. Par ailleurs, la ligne de production conçue par le consortium Nanotech avait pour objectif de produire des nanopoudres métalliques, comme en témoigne le brevet, ce qui n'était pas l'objectif de l'installation de Tekna ; aussi, certains estimeront qu'il s'agit plutôt d'une innovation radicale.

---

<sup>34</sup> Tekna, site: <http://www.tekna.com/accueil>



*Schéma 10 – Vue d'ensemble de l'installation<sup>35</sup>*

### *1.2.2 Les nanopoudres*

En ce qui concerne la valorisation de nanopoudres, plusieurs entreprises et centres de recherche commercialisent différentes qualités de poudres, à base de compositions variées d'éléments du tableau de Mendeleïev, chaque composition débouchant sur des nanopoudres présentant des propriétés variées (ex : anti-corrosion anti-usure, etc). A notre connaissance, peu de concurrents publient sur internet une liste exhaustive des prix de leurs produits. Ils s'en abstiennent pour que les clients les contactent directement en vue d'obtenir l'information désirée.

### *1.2.3 Barrières à l'entrée*

Nous pouvons mettre en évidence trois barrières à l'entrée sur ce marché :

- Le coût des investissements en recherche et développement
- La maîtrise de la technologie (compétences pointues)
- La capacité de produire des nanopoudres en quantités industrielles

<sup>35</sup> Institut Von Karman, "Prototype MARS – Vue générale de l'installation", 20120217\_supports\_presentation\_nanopole.pptx, 17/02/2012.

### 1.2.4 Méthodes de production de nanoparticules

La caractérisation et l'application de systèmes de contrôle de la forme et de la taille de nanoparticules sont reprises sous l'appellation « nanotechnologies ». Les nanoparticules qui composent les nanomatériaux ne se forment pas naturellement, elles sont produites au cours d'un processus réactionnel.

Plusieurs catégories de nanoparticules ont été identifiées, elles sont reprises dans le tableau ci-dessous. Sur le marché, il existe actuellement sept systèmes de production de nanoparticules : la pyroflamme, la précipitation colloïdale, la mécano-synthèse, le sol-gel, l'ablation laser, le pyrolaser et la torche plasma.

	Carbures	Nitrures	Borures	Carbo-nitrures	Métaux purs	Oxydes	Sulfures	Composition organique	Diamant	Hydroxy-apatite
Pyro flamme					⊙					
Précipitation colloïdale					⊙	⊙	⊙			
Mécano synthèse										
Sol-gel					⊙	⊙	⊙			⊙
Ablation laser	⊙				⊙	⊙				
Pyro laser	⊙	⊙		⊙	⊙	⊙	⊙		⊙	⊙
Torche plasma	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙		⊙	⊙

Schéma 11 – Systèmes de production de nanoparticules<sup>36</sup>

	Fabrication de nanopoudres possible
	Fabrication de nanopoudres impossible
	Fabrication de nanopoudres possible pour certains
⊙	Avantage de coûts
⊙	Avantage de qualité

Nanopôle S.A. pratique la méthode plasma pour produire des nanopoudres. Les clients potentiels ne privilégient aucun système de production en particulier. Toutefois, la facilité d'intégration des nanopoudres dans leurs propres produits est cruciale et influence le choix du fournisseur.

<sup>36</sup> Cide, « Business plan à la création: Nanopôle S.A. », Liège, 2007.

## 1.3 Analyse du marché

Afin d'identifier les pays susceptibles d'importer des biens et services belges d'ici 2013 et de mesurer l'impact des investissements projetés par ces mêmes pays en Belgique, nous avons eu recours aux bases de données mises à disposition par l'AWEX.

L'intérêt décelé par ces pays pour les produits belges facilite l'approche du marché pour Nanopôle S.A. qui peut se baser sur ces projections pour orienter sa démarche à l'exportation.

### 1.3.1 Importations de biens et services belges

Des projections relatives au taux d'importation des biens et services belges par les pays importateurs sur l'horizon 2013 sont rendues possibles grâce aux données communiquées par l'AWEX.

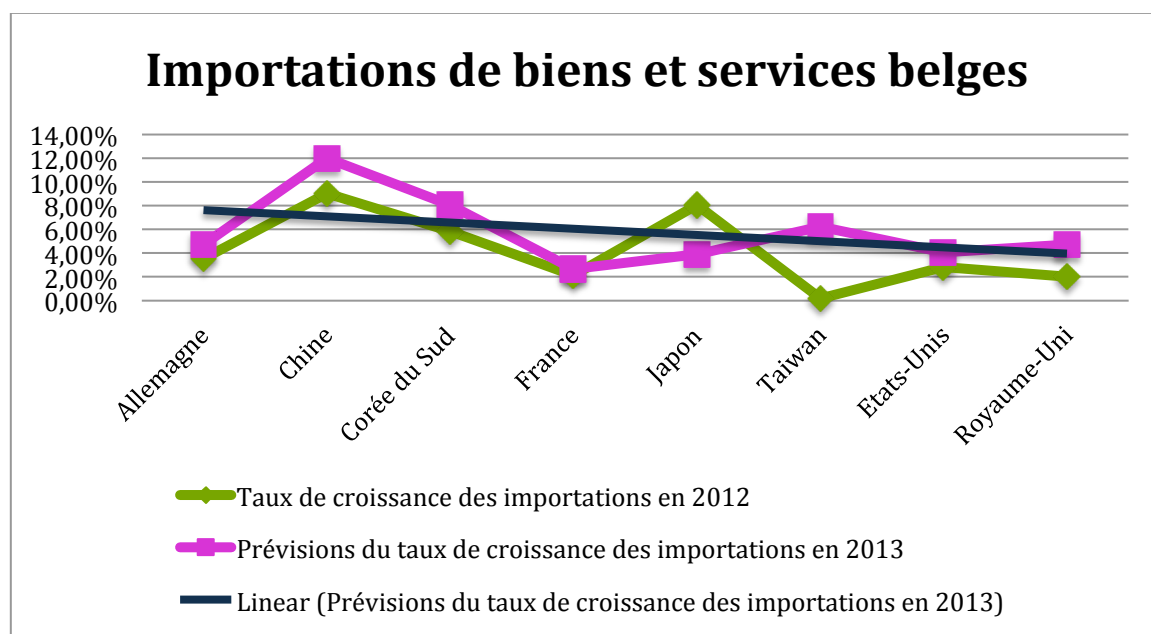


Schéma 12 – Importations de biens et services belges<sup>37</sup>

Suite à la crise économique, la tendance des importations de biens et services belges est en phase décroissante.

<sup>37</sup> AWEX, Fiche pays, "Echanges avec la Belgique", site : <http://www.awex.be/fr-BE/Pages/Home.aspx>

## a) Croissance

Taiwan est le pays pour lequel la différence la plus importante entre la prévision du taux de croissance des importations en 2013 et le taux des importations en 2012 a été observée, de l'ordre de 6,07%. Ensuite se positionnent respectivement la Chine (2,93%), le Royaume-Uni (2,71%), la Corée du Sud (2,21%), les Etats-Unis (1,26%), l'Allemagne (1,22%), la France (0,54%).

## b) Décroissance

Le Japon est le seul pays pour lequel la différence entre la prévision du taux de croissance des importations en 2013 et le taux des importations en 2012 est négative, de l'ordre de 4,14% en valeur absolue.

### 1.3.2 Investissements en Belgique

Des projections relatives aux taux d'investissements étrangers en Belgique sur l'horizon 2013 est rendue possible grâce aux données communiquées par l'AWEX.

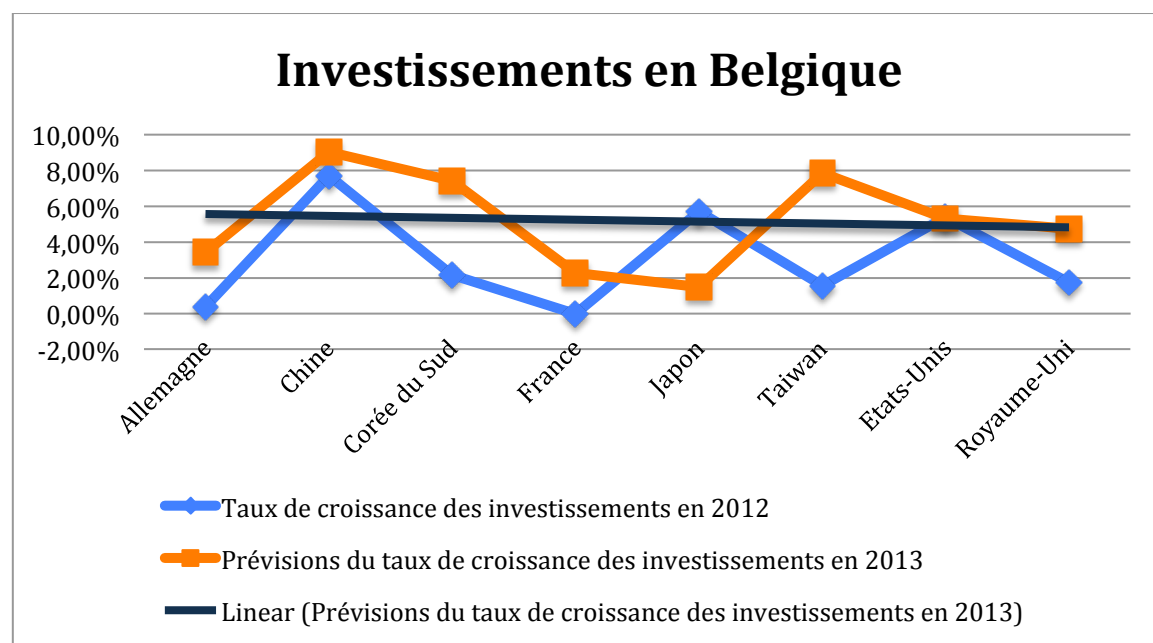


Schéma 13 – Investissements étrangers en Belgique<sup>38</sup>

Suite à la crise politico-économique du pays, de nombreux investisseurs étrangers freinent le volume d'investissements en Belgique. Néanmoins, cette tendance n'est pas

<sup>38</sup> AWEX, Fiche pays, "Echanges avec la Belgique", site : <http://www.awex.be/fr-BE/Pages/Home.aspx>

généralisée, des écarts sont observés selon la politique des pays investisseurs. Nous constatons par ailleurs que la tendance globale d'investissements subit une légère décroissance à court terme.

### a) Croissance

Taïwan est le pays pour lequel la différence la plus importante entre la prévision du taux de croissance des investissements en 2013 et le taux des investissements en 2012 a été observée, de l'ordre de 6,31%. Ensuite se positionnent respectivement la Corée du Sud (5,25%), l'Allemagne (3,05%), Royaume-Uni (3,02%), la France (2,31%) et la Chine (1,33%).

### b) Décroissance

Le Japon et les Etats-Unis sont deux pays pour lesquels la différence entre la prévision du taux de croissance des investissements en 2013 et le taux des investissements en 2012 est négative, respectivement de l'ordre de 4,23% et 0,06% en valeur absolue.

## 1.3.3 *Interprétation des résultats*

Les pays pré-cités dans les points 1.3.1 et 1.3.2 dont les taux d'importations et d'investissements sont positifs sont susceptibles de devenir des marchés porteurs pour Nanopôle S.A. Par contre, ceux dont les taux sont négatifs, comme le Japon, sont à laisser en suspens pour l'instant.

Si nous devons classer les pays énoncés par ordre d'intérêt pour Nanopôle S.A. en fonction de la conjoncture économique du marché, nous les répartirions comme suit :

- Marchés porteurs : Taïwan, Corée du Sud, Allemagne, France, Royaume-Uni, Chine
- Marchés à explorer : Etats-Unis
- Marchés à laisser en suspens pour l'instant : Japon

### 1.3.4 Pays demandeurs en nanoparticules

Comme le montre le graphique ci-dessous, la demande de nanoparticules a été tirée essentiellement par les USA (29%) et le Sud-Est Asiatique (notamment le Japon). En Europe, la demande a été dominée par l'Allemagne (8%), suivie de la France (6%) et du Royaume-Uni (6%).

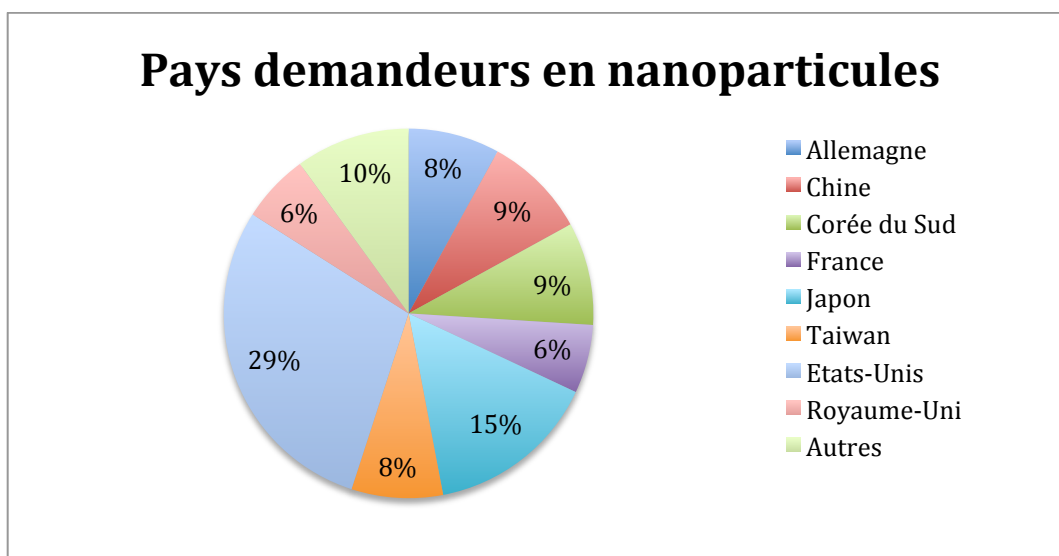


Schéma 14 – Pourcentage de la demande de nanoparticules en fonction des pays<sup>39</sup>

A l'horizon 2011, la demande de nanomatériaux a fortement augmenté, non seulement aux USA et dans le Sud Est Asiatique, mais également en Europe, avec une évolution importante en Allemagne, en France ainsi qu'en Angleterre.

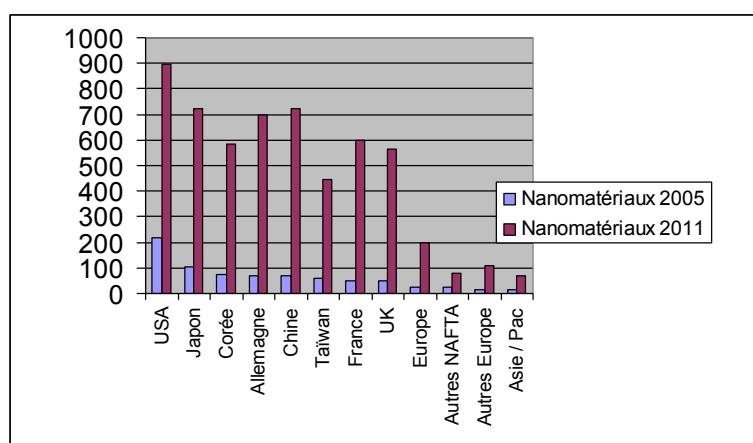


Schéma 15 – Demande en nanomatériaux en fonction des pays<sup>40</sup>

<sup>39</sup> Cide, « Business plan à la création: Nanopôle S.A. », Liège, 2007

Les secteurs d'activités les plus importants dans le domaine des nanomatériaux sont la recherche, l'électronique (fort important au Japon), les sciences de la vie, la métallurgie et la chimie. Les domaines d'applications sont essentiellement les composites, les revêtements, les matériaux de recherche, les additifs chimiques et les produits pharmaceutiques.

Le marché des nanomatériaux en 2011 sera dominé par l'Asie, comme le montre le tableau reproduit ci-dessous, avec comme secteur d'activités dominant l'électronique. En Europe, quelques secteurs d'activités vont se développer fortement comme les sciences de la vie, la métallurgie et la chimie (notamment en Allemagne), l'aérospatial et le secteur des énergies (surtout en France).

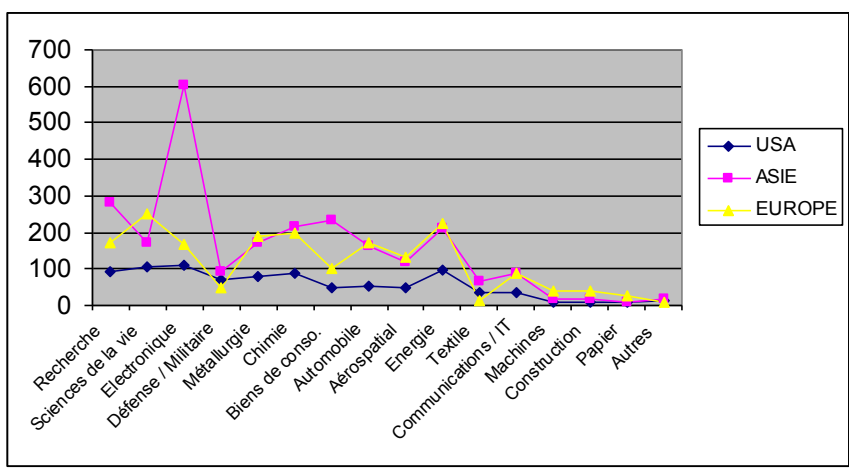


Schéma 16 – Demande en nanomatériaux selon le continent<sup>41</sup>

<sup>40</sup> Cide, « Business plan à la création: Nanopôle S.A. », Liège, 2007.

<sup>41</sup> Cide, « Business plan à la création: Nanopôle S.A. », Liège, 2007.

## 1.4 Analyse des facteurs environnementaux : risque-pays selon Ducroire

Le Ducroire est l'assureur-crédit qui couvre en compte ouvert des opérations dans plus de 200 pays.

### 1.4.1 Risques commerciaux<sup>42</sup>

Les pays sont répartis en trois catégories (de A à C) selon le niveau du risque commercial. Le risque commercial est déterminé par la situation propre au débiteur, et par des facteurs macro-économiques systémiques qui influencent la capacité de paiement de l'ensemble des débiteurs d'un pays. La catégorie A regroupe les pays où le risque commercial systémique est le plus faible, la catégorie C regroupant ceux où il est le plus élevé.

**Exemple :** non-paiement de la marchandise ; risque résultant de la détérioration de la situation financière du débiteur, entraînant son impossibilité de payer.

### 1.4.2 Risques politiques<sup>43</sup>

Les pays sont répartis en sept catégories (de 1 à 7) reflétant l'intensité du risque politique, en tenant compte de l'ensemble des événements survenant à l'étranger. La catégorie 1 regroupe les pays pour lesquels le risque politique est le plus faible, la catégorie 7 ceux pour lesquels il est le plus élevé.

**Exemples :** guerres, révolutions, catastrophes naturelles, pénuries de devises, les actes d'autorités publiques ayant le caractère de «fait du prince», refus du transfert de fonds vers un autre pays.

---

<sup>42</sup> Ducroire, "Catégories de prime pour l'assurance des opérations d'exportation", Evaluation du risque commercial, [http://www.ducroiredelcredere.be/WebDucDel/Website.nsf/webfr/Country+risks\\_Explanation\(Visitors\)?OpenDocument](http://www.ducroiredelcredere.be/WebDucDel/Website.nsf/webfr/Country+risks_Explanation(Visitors)?OpenDocument)

<sup>43</sup> Ducroire, "Catégories de prime pour l'assurance des opérations d'exportation", Evaluation du risque politique, [http://www.ducroiredelcredere.be/WebDucDel/Website.nsf/webfr/Country+risks\\_Explanation\(Visitors\)?OpenDocument](http://www.ducroiredelcredere.be/WebDucDel/Website.nsf/webfr/Country+risks_Explanation(Visitors)?OpenDocument)

### 1.4.3 Tableau récapitulatif de Ducroire

Pays	Risques commerciaux			Risques politiques
	A	B	C	
Allemagne	*			1
Chine			*	1
Corée du Sud	*			1
France		*		1
Japon	*			1
Taiwan	*			1
Etats-Unis		*		1
Royaume-Uni		*		1

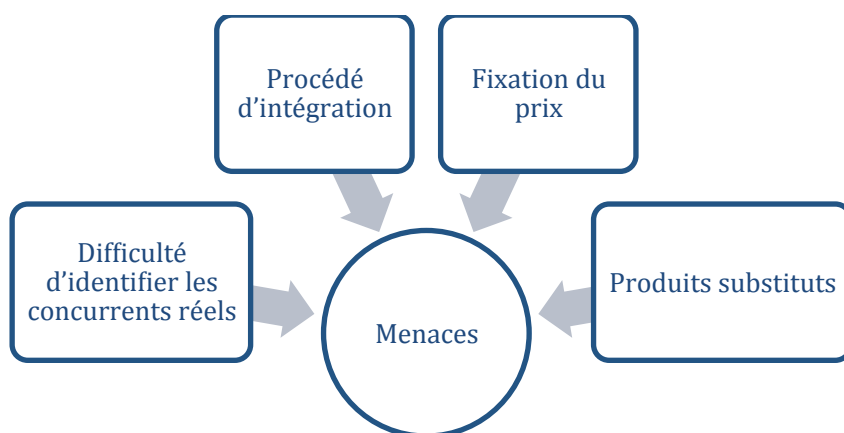
Parmi le pays mentionnés ci-dessus, le risque de débordements politiques au cours des prochaines années est très faible, la cote de « 1 » leur a à tous été attribuée selon les données fournies par Ducroire.

En ce qui concerne les risques commerciaux, l'Allemagne, la Corée du Sud et Taïwan sont les mieux classés (catégorie A), suivis par la France, les Etats-Unis et le Royaume-Uni (catégorie B) où la probabilité de malversations commerciales est plus élevée. Enfin, la Chine est placée dans la catégorie C ce qui signifie que la prudence est recommandée avant d'entamer des transactions commerciales.

## 2. Résultats de l'analyse externe

L'analyse externe nous permet d'identifier les menaces et les opportunités dues à l'environnement de marché auxquelles est confrontée Nanopôle S.A.

### 2.1 Menaces



#### 2.1.1. *Difficulté d'identifier les concurrents réels*

Les centres de recherches qui développent des procédures liées aux nanotechnologies laissent échapper peu d'informations par rapport à l'objet même de leurs recherches et des applications qu'ils développent pour leurs partenaires industriels. En effet, la divulgation de ce genre de données pourrait avoir des conséquences importantes voir désastreuses pour les industriels qui se sont ralliés aux projets dont il question. Si leurs concurrents étaient au courant de leurs projets de développement, cela porterait atteinte à leur part de marché dans leur propre secteur d'activités.

En général, quand il s'agit d'un projet national ou européen, le nom des partenaires est toutefois mentionné dans les présentations et brochures diffusées mais aucun détail n'y est relaté.

De plus, la plupart des entreprises qui utilisent des nanotechnologies n'en font pas mention ou ne se confient pas quand on leur demande quelles procédures ils emploient pour les intégrer dans leurs produits, relativisent le degré de dangerosité des

nanoparticules sans s'étendre sur la nature des moyens mis en œuvre pour éviter certains cas de figures, ne dévoilent pas leurs projets de développement et les applications réelles des nanotechnologies dans leurs gammes de produits.

Un élément qui peut prêter à confusion dans la compréhension du contexte concurrentiel est à relever : parmi les clients potentiels identifiés sur le marché, certains peuvent être également considérés comme des concurrents. En effet, les chercheurs et les industriels présents sur le marché des nanotechnologies veulent d'une part combler les compétences et les connaissances qui leur manquent pour avancer dans la maîtrise des applications liées aux nanotechnologies en s'associant avec des sociétés telles que Nanopôle S.A. et d'autre part se tenir informées de l'état d'avancement des études et recherches menées par d'autres sociétés afin de s'approprier leur savoir et pouvoir les dépasser. La prudence est donc de rigueur.

Tous ces éléments constituent des freins à une analyse sectorielle approfondie puisqu'on ne peut pas récolter suffisamment d'informations sur les acteurs du marché à distance, à savoir la concurrence, ce qui nous empêche d'avoir une vue d'ensemble sur la situation actuelle réelle. Pour remédier à cela, nous avons proposé à l'entreprise de partir à la rencontre de ces chercheurs et de ces industriels sur des marchés aussi porteurs que l'Allemagne, la Suède et la France.

Quand l'information ne vient pas à nous, il faut aller vers elle. Parfois, un contact direct avec les représentants de sociétés et centres de recherches donne un visage plus humain à la relation commerciale durable que nous souhaitons créer. De plus, cette démarche est souvent perçue comme un investissement de la part de l'entreprise représentée (ici Nanopôle S.A.) et marque le professionnalisme de l'approche sectorielle, qualité très appréciée quand il s'agit de travailler avec des multinationales, notamment allemandes comme Tesa SE, filiale de Beiersdorff.

### *2.1.2. Procédé d'intégration des nanopoudres*

Parmi les représentants d'industries nous avons eu l'opportunité de rencontrer durant la réalisation du plan de mission à l'étranger, beaucoup ont marqué leur intérêt pour le coating de leurs matériaux, que ce soit du métal, du plastique ou du verre, grâce aux nanopoudres commercialisées par Nanopôle S.A.

Cependant, nombreux sont ceux qui s'interrogeaient sur les moyens existants pour intégrer les nanopoudres dans leur propre procédé de production. Leurs questions se résument en quatre points magistraux :

1. Si les nanopoudres ne sont pas intégrables directement dans leurs produits ou au cours de leur processus de production, quel intérêt auraient-ils à en acheter ?
2. Si plusieurs processus d'intégration existent, lequel est le plus adapté à leurs besoins ?
3. Qui peut assurer une expertise après intégration du produit (service après-vente) surtout si Nanopôle S.A. fait faillite dans quelques années ? Existe-t-il une alternative telle que la possibilité de rachat de tout l'engineering ?
4. Si un partenaire est expert dans le domaine, qui effectuera les transactions : Nanopôle S.A. s'occupera de tout ou plusieurs intermédiaires seront nécessaires (et si c'est le cas, cela devient difficile à gérer) ?

Les prospects éprouvent le besoin de se sentir rassurés et confiants avant d'entamer une procédure d'achat. Ils évaluent tous les facteurs de risques que peut comporter ce genre d'investissement quand il s'agit de processus innovants.

Ignorer leurs requêtes n'est pas une solution envisageable si Nanopôle S.A. souhaite aboutir au but recherché. Au contraire, dans l'intérêt des deux parties, des réponses (même partielles) à ces questions doivent être prêtes avant même d'entamer un second entretien avec les intéressés.

### *2.1.3. Produits substitués*

Le marché des nanotechnologies est sans cesse en expansion : des ingénieurs et des scientifiques sont toujours à la recherche de nouveaux projets pour développer leurs connaissances des nanotechnologies et produire d'autres types de nanoparticules pour répondre aux besoins du marché.

A l'heure actuelle, il existe déjà des substitués du SiC nanométrique et du ZrO<sub>2</sub> nanométrique. Cependant, étant donné que les nanoparticules utilisées dépendent des applications auxquelles elles sont destinées, il n'y a pas encore de concurrence directe sur ce segment.

Divers composés chimiques sont utilisés pour reproduire les effets du SiC nanométrique mais soit les résultats auxquels ils souhaitent aboutir sont différents soit les conditions de production sont toutes autres.

## 2.2 Opportunités

Des nouvelles opportunités s'ouvrent sur le marché européen. Plusieurs scénarios sont possibles, en fonction du choix des partenaires et collaborateurs fait par Nanopôle S.A. après cette phase de prospection des marchés allemands et suédois.

La prise de décision de Nanopôle S.A. balance entre les scénarios :

- Optimiste : la vente du procédé de fabrication des nanopoudres, des nanopoudres en tant que telles, des équipements conçus par les partenaires du projet Nanotech, ou encore l'offre de services pour la caractérisation des poudres.
- Médian : la collaboration de Nanopôle S.A. avec des entreprises sur des applications déterminées ou avec d'autres chercheurs dans le cadre de nouveaux projets européens visant l'amélioration du procédé mis au point jusqu'ici.
- Pessimiste : l'arrêt des recherches sur les nanotechnologies effectuées jusqu'à présent.

### 3. Analyse Interne

Afin d'augmenter la performance globale de l'équipe, un support commercial ou linguistique permettrait à Nanopôle S.A. de se développer sur le marché européen.

Par ailleurs, l'entreprise peut faire appel à différents organismes afin de bénéficier d'un support financier si cela s'avère nécessaire pour poursuivre la phase de valorisation des produits et équipements conçus ou encore se lancer dans des recherches complémentaires destinées à augmenter la plus-value de Nanopôle S.A.

Les principales forces de Nanopôle S.A. reposent sur la qualité des produits développés, le vaste panel d'applications dans lesquelles les nanopoudres sont employées ainsi que la polyvalence du procédé qui permet la production de nombreux types de nanoparticules. De plus, étant donné que Nanopôle S.A. a pour objectif de produire des nanopoudres en quantités industrielles, des investisseurs potentiels pourraient s'avérer très intéressés par une collaboration future.

Afin de protéger l'innovation, un brevet a été déposé au nom de Nanopôle S.A. au « World Intellectual Property Organization – International Bureau » le 9 octobre 2008 sous le numéro de publication suivant : WO 2008/119141 A1. Le brevet confère à Nanopôle S.A. un titre de propriété industrielle interdisant le droit d'exploitation de l'invention par un tiers. Dès qu'un brevet est déposé, il est rendu accessible au grand public. Aussi, Nanopôle S.A. a décidé en commun accord avec ses partenaires de conserver certaines parties du développement du processus de production de nanopoudres confidentielles.

Par ailleurs, Nanopôle S.A. répond aux normes ISO 9001, « norme internationale qui spécifie les exigences fondamentales auxquelles doit satisfaire le système de management de la qualité »<sup>44</sup>, ce qui a pour avantage de rassurer certains prospects désireux d'avoir des garanties sur la conformité du processus de production et de la livraison du produit.

La renommée d'une entreprise et la valorisation de ses produits et/ou services passe par la consolidation de ses bases de travail. Si la communication était renforcée entre les

---

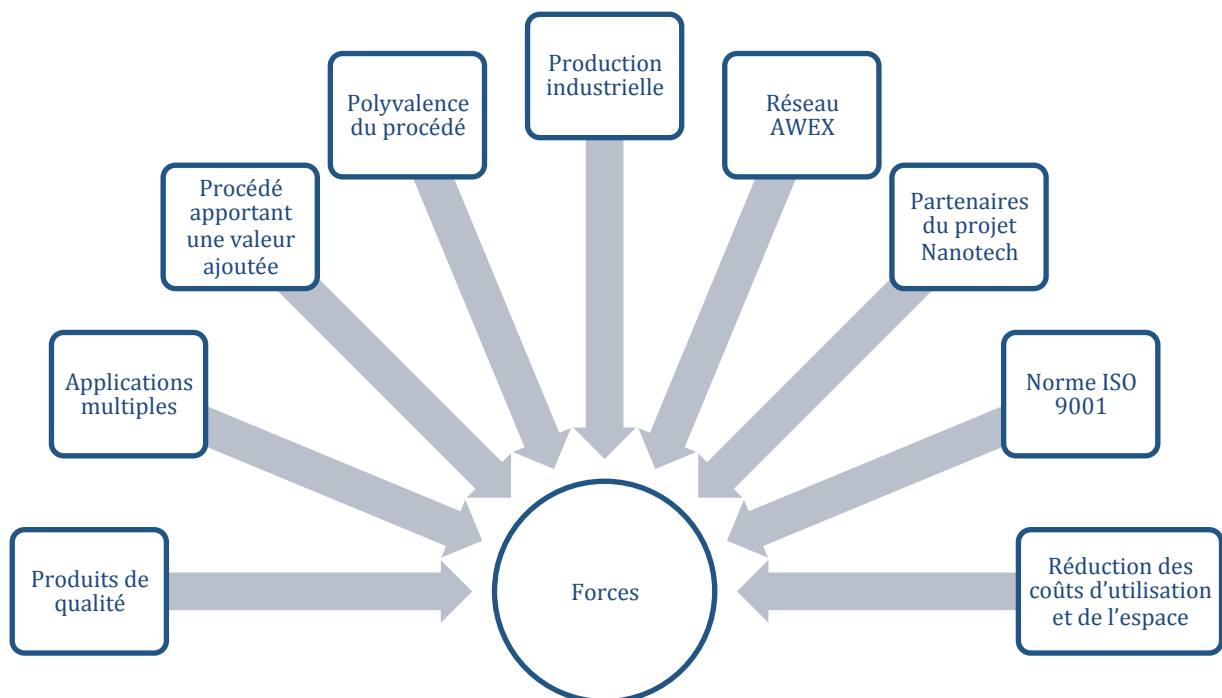
<sup>44</sup> Organisation international de normalisation (ISO), « ISO 9001 dans la chaine d'approvisionnement », hyperlien : <http://www.iso.org/iso/fr/9001supchain>

partenaires du projet Nanotech, ils pourraient d'une part mettre en place une stratégie de communication canalisée, en déployant les forces de leurs réseaux respectifs pour faire-valoir le résultat de leurs recherches et d'autre part collaborer à l'évolution continue du procédé établi en développant en parallèle des projets complémentaires pour pouvoir répondre aux exigences croissantes du marché.

## 4. Résultats de l'analyse interne

L'analyse interne nous permet de distinguer les forces et les faiblesses liées au contexte dans lequel évolue Nanopôle S.A. afin d'établir un diagnostic.

### 4.1 Forces



### *4.1.1 Produits de qualité*

Nanopôle S.A. s'inscrit dans une démarche de commercialisation de produits à haute valeur ajoutée nécessitant la maîtrise d'une technologie de pointe, à savoir la production de nanopoudres par plasma inductif. D'après les résultats observés par les chercheurs lors des tests opérés en laboratoire, les poudres nanométriques produites au cours du processus sont pures à plus de 99%, ce qui atteste de leur qualité supérieure.

### *4.1.2 Applications multiples*

Les nanoparticules sont utilisées dans de nombreux domaines d'applications.

Exemples : l'aéronautique, l'espace, la défense, l'outillage, la sidérurgie, la métallurgie, l'industrie céramique, la catalyse, l'électrochimie, la pétrochimie, la télévision haute définition, la publicité, la fabrication de capteurs hyper sensibles, l'automobile, l'électronique, l'électrotechnique, la médecine, la cosmétique, les matériaux de construction et autres.

### *4.1.3 Procédé apportant une valeur ajoutée*

L'avantage de la production de nanopoudres par procédé plasma se résume en 3 points :

- 1) Le métal n'est pas contaminé lors du processus de fabrication des nanopoudres car ces poudres sont séparées des parois du réacteur pendant qu'elles sont soumises à la flamme plasma grâce à un phénomène hydrodynamique.
- 2) Les poudres ne subissent pas d'oxydation (ce qui les atténuerait leurs propriétés physico-chimiques) durant leur production parce que plusieurs gaz sont présents en abondance sur l'unité de production.
- 3) Tous les paramètres déterminant la réactivité du produit sont contrôlés au cours du processus. La réactivité du produit est donc contenue.

Les autres méthodes de fabrication de nanoparticules ne réunissent pas l'ensemble de ces avantages.

#### *4.1.4 Polyvalence du procédé*

Parmi toutes les technologies existant actuellement sur le marché, seules deux d'entre elles permettent la fabrication de plusieurs poudres différentes, la torche plasma et la pyrolyse laser.

Les poudres qui peuvent être produites par torche plasma sont les suivantes : métaux purs, oxydes, carbures, borures, carbures et carbonitrides. Elles nécessitent une température très élevée au cours de processus de production.

#### *4.1.5 Production industrielle*

Quand elle sera terminée, l'unité de production fabriquera des quantités de poudres à l'échelle industrielle.

#### *4.1.6 Réseau de l'Agence Wallonne à l'Exportation*

En tant que jeune entreprise wallonne innovante et prometteuse, Nanopôle S.A. bénéficie du soutien financier de l'AWEX. A partir du centre régional de Liège où le siège de Nanopôle S.A. est situé, l'entreprise peut faire appel aux conseils des attachés économiques et commerciaux de l'AWEX dans les pays cibles à l'exportation pour obtenir des informations complémentaires sur les marchés abordés. L'accès à ce puissant réseau de contacts peut s'avérer très utile dans la conquête de marchés porteurs.

Dans sa volonté d'apporter son appui aux PME wallonnes, l'AWEX guide également les entreprises en organisant des journées business, en les invitant à participer à des salons, en mettant des infrastructures à disposition des exportateurs, en proposant des expertises en commerce extérieur et design ou encore en apportant un support linguistique pour la traduction de documents et la réalisation de supports de communication.

#### *4.1.7 Partenaires du projet Nanotech*

Le consortium du projet Nanotech est notamment composé d'ingénieurs et de scientifiques expérimentés et très qualifiés dans leur domaine d'expertise et de compétences.

C'est un atout majeur qui a contribué jusqu'ici à la réussite du projet.

#### *4.1.8 Norme ISO 9001*

La production de nanopoudres est conforme aux normes ISO 9001, ce qui confère à Nanopôle S.A. un avantage non-négligeable sur ses concurrents, qui n'ont pas nécessairement obtenu le certificat.

De plus, la traçabilité des matériaux est scrupuleusement respectée : chaque paquet de nanopoudres est étiqueté et les caractéristiques du contenu sont spécifiées (quantité, qualité de la poudre, date de production, origine des matières premières utilisées).

Dès le début, les membres du consortium étaient conscients de l'aversion de certaines entreprises à utiliser des produits aussi réactifs que les nanoparticules pour diverses raisons telles que l'opinion des consommateurs, les contraintes liées à l'environnement de travail (équipement des ouvriers, prise de mesures adéquates pour le confinement et la manipulation des poudres, ...), la réduction de la durée de vie des machines utilisées dans le secteur de l'industrie ainsi que la révision de tout le processus et des normes de production pour les entreprises désireuses d'intégrer des nanopoudres dans leurs produits.

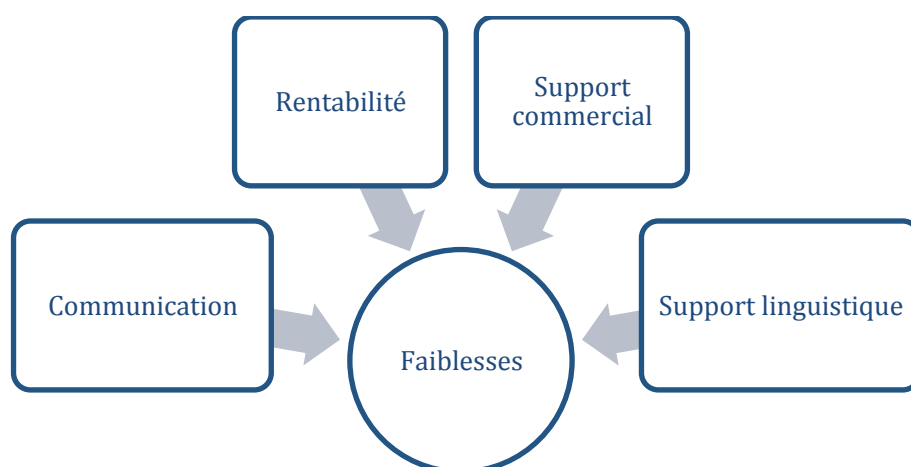
En connaissance de cause, des mesures de sécurité ont été prises. Le confinement de l'ensemble de l'unité de production en passant par le SAS, l'utilisation de boîte à gants pour manipuler les poudres, l'accès à l'unité de production par les ouvriers responsables de la maintenance avec port obligatoire d'un équipement de protection complet (combinaisons, masque, gants et chaussures adéquates).

### 4.1.9 Réduction des coûts d'utilisation et de l'espace

Le projet a pour but de concevoir des équipements qui permettent de diminuer la quantité de gaz utilisée et la quantité d'énergie nécessaire au bon fonctionnement de l'appareillage, pour réduire les coûts d'utilisation et le prix des nano-produits pour l'utilisateur final.

Grâce aux efforts consentis par Sirris et IVK, la taille globale a été optimisée, pour qu'elle soit moins encombrante. Désormais, l'ensemble de l'unité de production peut tenir dans un container.

## 4.2 Faiblesses



### 4.2.1 Communication

L'échange d'informations entre les différents organes décisionnels serait plus soutenu si une personne était chargée de faire un compte-rendu hebdomadaire des actions prises par chaque membre du consortium et d'indiquer les obstacles auxquels chacun s'est vu confronté.

Cette centralisation de l'information encouragerait un dialogue régulier et constructif entre les membres, en leur fournissant une vue d'ensemble de l'état d'avancement du projet, ce qui leur permettrait d'identifier rapidement les failles et obstacles rencontrés pour y trouver une solution appropriée. De cette façon, tous les membres du projet

seraient impliqués dans son évolution en temps réels et apporteraient leur savoir-faire et leur savoir-être pour contribuer à sa progression et à sa valorisation.

A partir du moment où ces éléments seront réunis, la prise de décision sera rendue plus facile, plus rapide, plus efficace tout en étant comprise et partagée par le plus grand nombre.

La transparence des actions prises par les partenaires renforcerait l'équipe tenue de réaliser le projet tout en inscrivant cette collaboration dans la durée.

#### *4.2.2 Rentabilité*

La coordination des différentes unités partenaires au projet est loin d'être une tâche facile. L'objectif poursuivi est de combiner les compétences de chaque partenaire du projet pour réaliser des tâches bien définies dans un délai pré-établi. Cependant, le délai de réalisation n'est pas toujours respecté. Et pour cause, toutes ces unités sont interdépendantes. Si un retard est observé dans la durée de réalisation d'une opération, la durée globale de mise en œuvre du projet est augmentée.

Pour atténuer la portée de ce phénomène, deux recommandations sont proposées:

- Les membres du personnel travaillent pour leur unité respective. Au cours du projet, certains travailleurs sont formés à l'utilisation et la manipulation de nouveaux outils.
  - Quand il s'agit de tâches ponctuelles, solliciter le soutien de personnes externes, qui ont déjà les compétences requises, pour des intervalles de temps fixes aux périodes de pic d'activités pourrait s'avérer plus efficace.
  - Exemples : sous-traitants ou travailleurs avec un contrat à durée déterminée
- Les équipements ne sont pas intégrés aux dates fixées même s'ils fonctionnent correctement, parce que des améliorations constantes y sont apportées.
  - Pour respecter les engagements pris auprès des différentes instances, si le processus est état de fonctionnement, il devrait être lancé de manière effective aux périodes prévues à cet effet par l'ensemble du consortium. Certaines parties du développement conceptuel de la ligne de production pourront être améliorées au fur et à mesure.

### 4.2.3 Support commercial

Le consortium gagnerait en efficacité si Nanopôle S.A. pouvait compter sur la contribution d'un assistant commercial pour :

- Contacter des prospects et assurer le suivi de ces contacts
- Faire connaître l'entreprise en participant à des événements de networking (salons internationaux et conférences)
- Mettre en place une stratégie de pénétration du marché
- Communiquer vers l'extérieur : mise à jour du site internet, réalisations de vidéos de démonstration, recherche de collaborateurs

### 4.2.4 Support linguistique

Un support linguistique serait également le bienvenu si l'entreprise souhaite exporter ses produits en-dehors de la Belgique. Deux possibilités s'offrent principalement à elle :

- Faire appel à un interprète (ou traducteur) pour rédiger et traduire des courriers et documents officiels, ainsi que le contenu des brevets. Le nombre d'interprètes nécessaires sera bien entendu proportionnel au nombre de marchés abordés.
- Faire appel à un expert multilingue en droit international pour la rédaction des contrats avec les clients (clauses de confidentialité, obligations des parties prenantes, protection de la propriété intellectuelle).

*Dans certains pays comme la Chine, la protection de la propriété intellectuelle (P.I.) est difficile à faire respecter. Nombreuses sont les entreprises qui refusent de développer une cellule de « recherches et développement » pour éviter d'y perdre le fruit de plusieurs années de recherches et d'investissements.*

*Il arrive aussi que des multinationales s'approprient la P.I. de PME avec lesquelles elles collaborent pour pouvoir exploiter gracieusement leurs idées innovantes et les intégrer à leur propre processus. S'ensuivent alors des procès en boucles dont l'issue est souvent incertaine.*

*Pour éviter des désagréments inutiles, mieux vaut faire appel à des spécialistes expérimentés en droit international.*

#### *4.2.5 Fixation du prix*

Pour assurer la rentabilité du projet Nanotech à long terme, le prix défini au client doit tenir compte de plusieurs paramètres intrinsèques :

- Calcul du prix de revient et de la marge bénéficiaire
- Coût de commercialisation pour l'exportation
- Coût de livraison des marchandises (incoterms)
- Prix du marché (concurrence)
- Stratégie de prix

La fixation du prix est un facteur clé pour mettre en place une vision stratégique adéquate qui tient compte de tous les intervenants et de l'ensemble des coûts engendrés pour exporter les marchandises à l'étranger.

Peu de concurrents divulguent en toute transparence le prix de vente de leurs produits. Dans ces conditions, il s'avère difficile pour Nanopôle S.A. de proposer un prix défini pour les poudres et les équipements conçus aux prospects identifiés sans être sûr qu'ils n'ont pas reçu une offre plus attractive de la part d'un de leur concurrent. D'une part, cette situation peut être assez confortable pour Nanopôle S.A. au cas où le prospect n'a pas une notion définie du prix de ce genre d'équipements puisque dans ce cas de figure, Nanopôle S.A. a l'avantage dans la négociation et peut majorer sa marge bénéficiaire. D'autre part, dans le cas contraire, si Nanopôle S.A. propose un prix supérieur aux attentes de l'interlocuteur, l'entreprise sera amenée à réduire sa marge bénéficiaire (voir vendre à perte) soit à perdre le bénéfice de la vente, au profit d'un concurrent à l'affût.

De plus, le coût d'adaptation du processus de production d'un entrepreneur qui souhaiterait intégrer des nanopoudres dans ses produits étant conséquent, les avantages prodigués par l'utilisation de celles-ci doivent être au moins proportionnels à l'investissement consenti. Les entrepreneurs qui utilisent des micropoudres doivent être convaincus de l'intérêt qu'ils auraient à utiliser des nanopoudres en tant que substituts. Le ratio entre le prix à consentir pour modifier le process et la performance globale de la nouvelle installation étant difficile à évaluer, cela pourrait freiner des industriels.

Dans un secteur innovant à fortiori, la maîtrise de l'information est la clé de la réussite.

- ✚ Connaître le prix proposé par les concurrents est un atout indéniable lorsque l'on est amené à réaliser une transaction avec un client, cela augmente la liberté de manœuvre du représentant au cours de la négociation → *Le représentant est en position de force : il peut convaincre le client en valorisant ses produits et en justifiant leur prix.*
- ✚ Ne pas connaître le prix émis par la concurrence encourage le représentant à adopter des mesures de prudence au cours de la négociation, au risque de laisser la situation lui échapper, au cas où l'acheteur a obtenu une offre plus intéressante par un autre biais → *Le client est alors en position de force : il peut demander une révision à la baisse du prix de départ, en fonction des informations qu'il a reçues.*

## 5. Conclusion

L'analyse SWOT est un support incontournable qui aidera l'entreprise à avoir une vue d'ensemble des facteurs d'influence. Cette analyse est le truchement entre la recherche d'informations et les choix stratégiques qui seront opérés par Nanopôle S.A.

Au travers des forces, faiblesses, opportunités et menaces décelées, plusieurs options stratégiques seront formulées. S'ensuivra l'évaluation de chaque scénario avant la prise de décision finale.

# *PARTIE 3 – Stratégie de développement à l’exportation*

Au vu du nombre impressionnant d’entreprises évoluant dans les secteurs d’activités pour lesquels les nanoparticules de carbure de silicium (SiC), d’oxyde de zirconium (ZrO<sub>2</sub>) ainsi que les nanopoudres métalliques pouvaient être implémentées, une meilleure visibilité des produits était nécessaire pour mettre en évidence l’attrait d’une collaboration future avec Nanopôle S.A.

La période de prise de connaissance des activités de Nanopôle S.A. et des membres du projet Nanotech s’est déclinée en deux étapes : la mise en œuvre d’une stratégie commerciale pertinente et l’analyse approfondie des facteurs favorisant une approche réaliste du marché.

La présente étude a été réalisée dans le cadre du programme Explort, subventionnée par l’AWEX. Dans cette partie du mémoire sera présenté le travail personnel de recherches effectué au cours de la période de stage.

## **1. Stratégie commerciale**

Le concept utilisé pour établir et formuler une stratégie commerciale viable, nous avons fixé des objectifs à atteindre, qui ont été réévalués au cours de la mission. Nous avons pris comme référence les indicateurs SMART<sup>45</sup>. En effet, les objectifs de Nanopôle S.A. devaient être précisés de manière:

- *Spécifique* : rencontrer des prospects en Belgique, en Allemagne, en Suède et en France pour présenter la société Nanopôle S.A., ses produits et ses services

---

<sup>45</sup> Doran, G. T. (1981). “There’s a S.M.A.R.T. way to write management’s goals and objectives. *Management Review*”, Volume 70, Issue 11(AMA FORUM), pp. 35-36.

- *Mesurable* : classifier les sociétés représentées selon les résultats de l'analyse sous forme de critères
- *Ambitieuse* : imaginer toute une démarche dynamique applicable sur le terrain pour permettre à Nanopôle S.A. de se démarquer et laisser une empreinte qui encouragerait les représentants d'entreprises rencontrés à établir une relation commerciale avec Nanopôle S.A.
- *Réaliste* : cibler les entreprises porteuses avant d'aller à leur rencontre, tenir compte de toutes les contraintes liées à la mission (budgétaires, logistiques, temporelles) tout en respectant les attentes de tout les membres du consortium Nanotech en général et de Nanopôle S.A. en particulier, sans outrepasser le cadre de mission défini par l'AWEX
- *Temporelle* : la durée du stage était fixée à 3 mois dont 1 mois de déplacements à l'étranger ; durant ce bref délai, nous devions effectuer des recherches (sur la concurrence, les moyens d'accès au marché, les organismes d'aide), prendre des contacts (avec des prospects, des organismes locaux et internationaux, les organisateurs des événements auxquels nous souhaitions participer), établir un planning de mission et le mettre à exécution.

Selon une citation célèbre "*Le vent n'est jamais favorable aux bateaux qui n'ont pas de port*"<sup>46</sup>. Dans cette section, nous développerons les étapes qui nous ont permis de mettre en place la stratégie commerciale, en passant par la création de fiches-produits, la recherche d'informations diverses et l'augmentation de la visibilité de Nanopôle S.A.

## 1.1 Fiches produits

Après avoir pris en compte les tenants et les aboutissants, nous en sommes arrivés à la conclusion qu'une présentation sous format PowerPoint des produits de l'entreprise répondait au mieux au contexte dans lequel nous évoluions. D'une part, cela nous permettait d'extrapoler une vision plus « marketing » du projet en rendant les éléments liés à la valorisation des poudres moins complexes et plus attractifs. D'autre part, cette présentation était adaptée à différents types de publics. Nous étions conscients qu'au cours des salons internationaux et conférences, nous serions amenés à représenter

---

<sup>46</sup> Patrick FITE, Professeur UM2, Université de Montpellier

Nanopôle S.A., et rencontrerions des représentants issus de divers secteurs d'activités ayant des profils très variés. La présentation du consortium devait donc être à la portée du plus grand nombre tout en fournissant des informations pertinentes sur les nanopoudres et en incitant les personnes rencontrées à reprendre contact avec le coordinateur du projet.

## 1.2 Recherche d'informations

La recherche d'informations sur les nanotechnologies s'articule autour de différentes sources. Grâce à la diversité des sources utilisées, nous avons pu établir une liste de contacts en Europe que nous avons joints par téléphone ou par mail afin de leur présenter Nanopôle S.A.

### a. Répertoire de l'Agence Wallonne à l'Exportation

Dans le cadre de notre mission au sein de Nanopôle S.A. et en tant que stagiaire Explort (AWEX), nous avons pu solliciter le support du réseau international de l'AWEX pour avoir accès à une base de données encore plus large de prospects.

Tout d'abord, les experts de marché<sup>47</sup> de l'AWEX ont été contactés. Deux d'entre eux ont conseillé de solliciter le support des attachés économiques et commerciaux de l'AWEX directement dans les pays cibles, eux seuls étant compétents pour répondre à nos requêtes.

### b. Entretiens téléphoniques

Sur base des cibles potentielles de marché identifiées avec Nanopôle S.A., un script téléphonique<sup>48</sup> a été rédigé, support pour présenter la technologie aux interlocuteurs. Le script a été approuvé par les responsables de Nanopôle S.A. avant d'être utilisé.

---

<sup>47</sup> AWEX, spécialistes de marché, « Services géographiques », hyperlien : [http://www.awex.be/fr-BE/Contacts/Services\\_geographiques/Pages/RechercheContactExpertMarche.aspx](http://www.awex.be/fr-BE/Contacts/Services_geographiques/Pages/RechercheContactExpertMarche.aspx)

<sup>48</sup> Annexe 8

### c. Mailing

Pour toucher un maximum de prospects en un minimum de temps, une présentation globale des produits/équipements/services proposés par Nanopôle S.A. a été réalisée et enrichie à plusieurs reprises.

Les entretiens téléphoniques nous ont permis de constater que peu d'interlocuteurs avaient des connaissances approfondies sur les nanotechnologies. De plus, aucun d'entre eux n'avaient entendu parler de Nanopôle S.A. Il s'est donc avéré indispensable de réaliser des supports de communication pour accroître la visibilité de Nanopôle S.A. et par extension, des nanotechnologies en général.

## 1.3 Visibilité accrue

Avant la diffusion des supports de communication, le logo de Nanopôle S.A. devait être déposé officiellement. Dès lors, nous avons conçu un site internet pour promouvoir ostensiblement les produits et les équipements de Nanopôle S.A.

Grâce aux formations fournies par l'AWEX et par la Chambre de Commerce Belgo-Luxembourgeoise-Allemande, ayant trait aux comportements à adopter lors d'entrevues professionnelles sur les différents marchés-cibles, nous avons pu établir une stratégie adaptée pour aborder les prospects sans commettre d'impair, tant au point de vue du comportement verbal que non-verbal.

### a. Dépôt du logo « Nanopôle S.A. »

Des démarches ont été entamées pour déposer le logo de l'entreprise afin d'éviter que les concurrents ne se l'approprient, après que nous l'ayons inséré dans la présentation PowerPoint et sur les autres moyens de communication destinés à accroître la visibilité de Nanopôle S.A. Parmi les possibilités présentées, le dépôt du copyright sur le logo s'est fait par le site « [www.depotnumerique.com](http://www.depotnumerique.com) ». Cet enregistrement est valide à vie dans 164 pays.

## b. Site internet

Afin d'assurer une meilleure visibilité de l'entreprise, un site internet a été réalisé en anglais, puis mis en ligne à cette adresse : [www.nanopole.be](http://www.nanopole.be)

La structure du site est la suivante :

1. Nanopôle S.A.
  - a. Les nanotechnologies
  - b. La présentation de l'entreprise
2. Produits et services (présentation téléchargeable)
3. Partenaires du projet Nanotech
  - a. Les centres de recherches et universités
  - b. Les industriels
4. Contactez-nous (coordonnées de Mr Lecourt ; formulaire d'inscription ; situation géographique fournie par google pour que les clients puissent localiser la société)

De cette façon, les prospects rencontrés peuvent rester en contact avec Nanopôle S.A. et poser leurs questions directement par le web.

## c. Formations externes

### i. Formation « Programme Explort »

Une semaine de formation était organisée par l'AWEX pour nous donner une vue d'ensemble des services prodigués par l'AWEX aux entreprises wallonnes exportatrices. Des attachés économiques et commerciaux présents en Belgique pour l'occasion sont venus présenter leur travail au sein du bureau de l'AWEX.

### ii. Séminaire « Working with Germans »

Cette formation était organisée par la Chambre de Commerce Belgo-Luxembourgeoise-Allemande. Le thème du séminaire était orienté vers le genre de comportement à adopter lors d'une entrevue professionnelle avec un Allemand, les différences culturelles existantes entre la Belgique et l'Allemagne, la préparation d'une entrevue.

## 2. Approche du marché

Durant la prospection, la méthode que nous avons choisie pour aborder le marché des nanotechnologies était d'aller à la rencontre de prospects en Belgique, en Allemagne, en Suède et en France en participant à des événements internationaux ou des entrevues programmées avant le départ en mission Explort.

### 2.1 Rencontre de la délégation chinoise à Bruxelles

Nous avons participé à un événement organisé à Bruxelles par la Belgian-Chinese Chamber of Commerce (BCECC) en collaboration avec d'autres organismes promouvant le commerce international. La délégation était composée d'industriels et de scientifiques chinois qui faisaient une tournée en Europe pour présenter leurs organisations respectives et tisser des liens commerciaux avec les industriels européens.

Avant de s'y rendre, une analyse de la liste des membres de la délégation que la BCECC qui nous avait été transmise était nécessaire afin de gagner du temps et de se diriger directement vers les bonnes personnes de contact. Pour s'y être préparée au mieux, un guide d'entretien a été conçu, de même qu'un discours d'introduction permettant d'entamer la conversation et d'éveiller l'intérêt de l'interlocuteur.

### 2.2 Recherche de conférences et salons internationaux

Afin de préparer au mieux la phase de prospection à l'étranger et mettre au point une stratégie de développement des marchés, une liste de tous les salons internationaux et conférences qui avaient lieu en Allemagne et en Suède a été réalisée ; deux pays cibles principaux reconnus par les conditions de validation du stage dans le cadre du programme Explort.

Trois événements ont été sélectionnés et approuvés par Nanopôle S.A. :

*a) « Successful R&D in Europe : 4th networking event Duesseldorf »*

Il s'agit d'une conférence par thématique où étaient présents un grand nombre de chercheurs venant représenter leur centre de recherche ou/et leur université ainsi que les projets de développements européens pour lesquels ils cherchaient des partenaires ayant des compétences spécifiques.

Au cours de cette conférence, nous avons présenté les résultats des recherches du projet Nanotech, ce qui a suscité l'intérêt des personnes présentes. Monsieur Lecourt, qui était également présent à la conférence, a répondu aux questions techniques qui nous ont été posées.

*b) SüdTec à Stuttgart qui reprend « Suedtec 2012 » et « Medtec 2012 »*

Il s'agit d'une foire internationale où des entreprises viennent exposer leurs produits et équipements. Un panel de technologies innovantes y est exposé.

A cette occasion, une analyse de la liste des participants a été effectuée afin de sélectionner les entreprises avec lesquelles Nanopôle S.A. pourrait mettre en place une collaboration future telles que Bayer, Fraunhofer et Terumo.

*c) « Euro Expo – Skelleftea » en Suède*

Un grand nombre d'industriels scandinaves manipulant surtout des métaux y sont présents pour exposer leurs produits et services.

## 2.3 Rencontre de prospects<sup>49</sup>

Pour préparer au mieux la prospection, un plan de voyage détaillé a été établi, comprenant les villes où les prospects seraient rencontrés, tout en tenant compte des contraintes budgétaires fixées par l'entreprise.

### a) Prestation et suivi

Lors des foires et salons auxquels nous avons assisté, un rapport détaillé était rédigé et transmis à Monsieur Lecourt, reprenant notamment le nom des personnes rencontrées, leur carte de visite, les activités de leur entreprise ou centre de recherche, le résumé des entrevues qui avaient eu lieu, le type de collaboration possible ainsi que des commentaires sur l'entrevue.

### b) Entrevues professionnelles

Parallèlement aux salons et conférences auxquels nous avons pu assister, des entrevues avec des industriels dans le pays hôte ont été organisées.

#### i. Rasmaterials (Regensbourg, Allemagne)

Rencontre de Mr Gregor Schneider, responsable technique des ventes à « Rasmaterials » et responsable du développement commercial à « Rent a scientist » pour évaluer les possibilités d'entreprendre une collaboration avec Nanopôle S.A.

Rasmaterials est une entreprise allemande qui produit des nanoparticules à base d'argent et cible principalement le secteur médical.

Lors de l'entrevue, après avoir présenté Nanopôle S.A., une série de questions lui ont été posées visant à mieux comprendre comment Rasmaterials, étant une PME innovante au même titre que Nanopôle S.A, avait réussi à s'implanter sur ce secteur d'activités en Allemagne.

---

<sup>49</sup> Annexe 11

Stratégiquement, il pouvait être intéressant pour Nanopôle S.A. de créer des liens avec d'autres entreprises telles que Rasmaterials sur certains projets de développement afin d'avoir un relais en Allemagne, ce qui faciliterait par la suite le contact avec le marché allemand.

#### ii. Tesa SE (Hambourg, Allemagne)

Tesa SE est une filiale de Beiersdorff, une multinationale dont le siège est basé à Hambourg, active dans divers secteurs d'activités.

Le Docteur Alexandre Prenzel, chercheur dans les nanotechnologies au sein de Tesa SE, a accepté de nous recevoir à Hambourg.

#### iii. Air Liquide (France)

Monsieur Lecourt nous a mis en contact avec Monsieur Jean-Louis Roppe, responsable des comptes stratégiques à Air Liquide (France). Un dossier de présentation de Nanopôle S.A. et des concepts développés nous a été demandé, que Monsieur Roppe a pu soumettre à ses collègues d'Air Liquide, afin de savoir si cela pouvait intéresser leur entreprise.

Dans ce dossier, toutes les parties conceptuelles du projet Nanotech susceptibles d'attirer leur attention ont été mises en évidence. Par la suite, une entrevue a été fixée à la maison-mère d'Air Liquide.

### 3. Conclusion

En avançant dans la mise en place du projet, nous avons été confrontés au manque d'informations existantes touchant de près ou de loin les prospects que nous souhaitons rencontrer ou tout du moins avec lesquels nous aurions voulu entrer en contact directement pour atteindre l'objectif fixé.

Le résultat des recherches effectuées par les prospects est souvent confidentiel pour pallier à l'espionnage industriel ; il conduirait à une diminution de la part de marché de l'entreprise concernée avec pour conséquence le manque de retour sur investissement et, le cas échéant, à l'arrêt de la commercialisation du produit. Certaines PME sont particulièrement susceptibles d'être confrontées à ce genre de situations, courant ainsi le risque de mettre leur propre existence en danger.

A l'issue de la prospection sur le terrain réalisée en Allemagne, en Suède et en France, des résultats encourageants ont été obtenues, ce qui incitera Nanopôle S.A. à persévérer dans la voie qui a été tracée, en assurant le suivi des contacts établis de visu.

# *PARTIE 4 – Identification, sélection et implémentation de la stratégie*

L'objectif de la phase de prospection sur le terrain auprès d'industriels et de chercheurs était de déterminer les alternatives liées à la stratégie commerciale en établissant des scénarios d'aide à la décision managériale pour mettre en évidence les tâches réalisées et vu que la nature du travail effectué ne se résumait pas à une enquête marketing mais bien à l'élaboration d'une stratégie de développement du marché à l'exportation des nanotechnologies.

De plus, nous avons défini que la mission de prospection devait permettre l'identification des acteurs du réseau international composé d'organisations impliquées dans la production de nanoparticules et l'application des nanotechnologies, domaine d'activités volontairement occulté par ces mêmes organisations pour protéger l'innovation.

Il en découle que les analyses quantitative et qualitative coexistent dans la présentation des éléments d'enquête.

## **1. Enquête réalisée**

Cette enquête a été réalisée lors de salons internationaux, de conférences scientifiques, et d'entrevues professionnelles avec les prospects. Dès lors, nous avons pu extraire des informations collectées les critères d'évaluation qui nous ont permis de répartir les clients potentiels selon des scores établis sur base des priorités actuelles de Nanopôle S.A.

## 1.1 Entreprises et centres de recherche

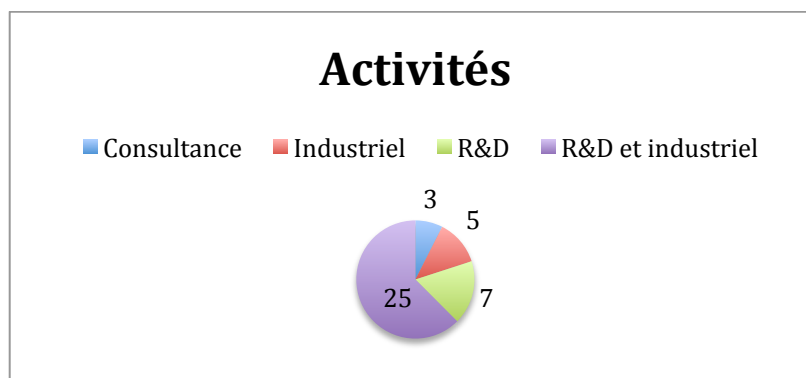
Dans cette rubrique, nous relaterons l'ensemble des événements professionnels organisés en Europe auxquels nous avons participé en fonction principalement du marché, des pays et de la taille des entreprises et centres de recherches rencontrés.

### 1.1.1 Événements organisés

Au cours du plan de mission réalisé, nous avons eu l'opportunité d'assister à plusieurs événements, regroupés en trois catégories :

- Salons internationaux
  - o Foire de SüdTec (Stuttgart – Allemagne)
  - o EuroExpo (Skellefeta – Suède)
- Conférences
  - o Lunch meeting with chinese business delegation (Bruxelles – Belgique)
  - o Working with Germans (Bruxelles – Belgique)
  - o Successful R&D in Europe (Düsseldorf – Allemagne)
- Entrevues professionnelles en entreprise
  - o Rasmaterials (Regensbourg – Allemagne)
  - o Tesa SE (Hambourg – Allemagne), filiale de Beiersdorff
  - o Air Liquide (Paris – France)

### 1° Proportion d'entreprises présentes par événement



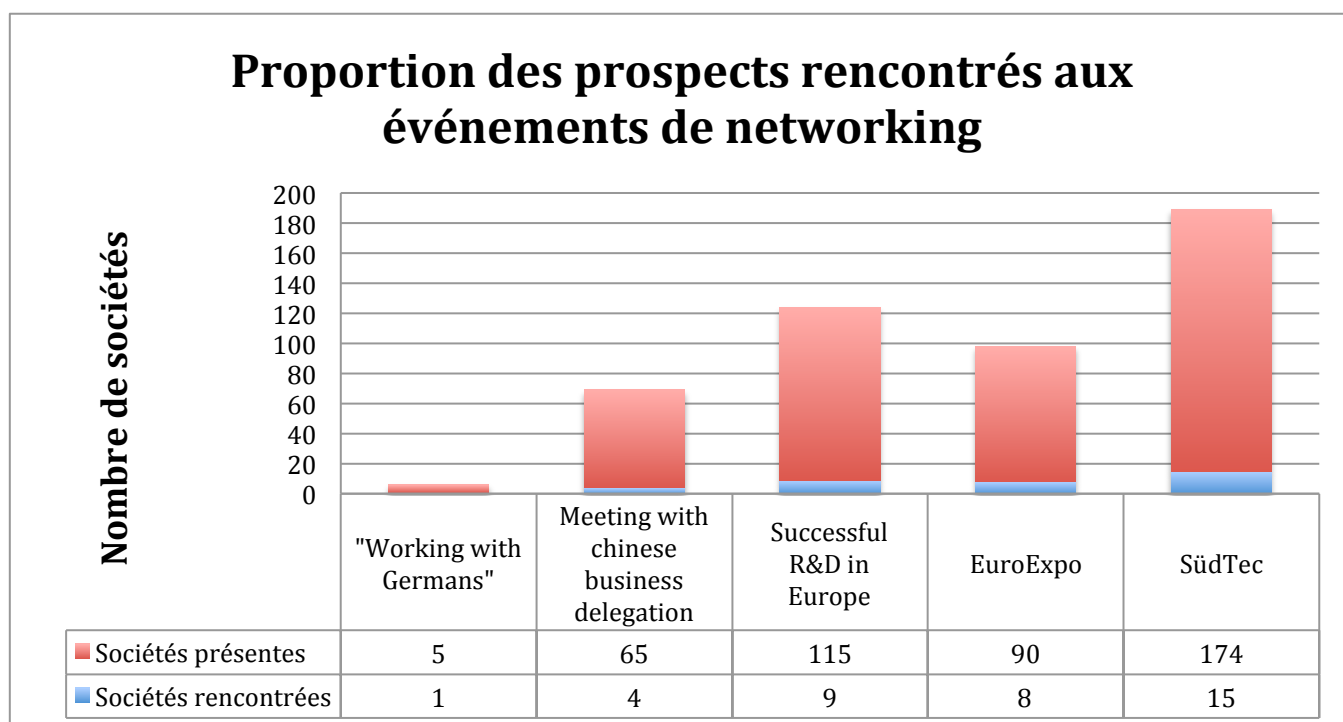
*Schéma 17 – Répartition du nombre de prospects rencontrés par événement en pourcentage du nombre de prospects total*

Au total, nous sommes entrés en contact avec 40 représentants au cours de cette phase de prospection.

Parmi les répondants de l'enquête :

- 3 ont été rencontrés au cours d'une entrevue professionnelle au siège de l'entreprise en question
- 14 ont été rencontrés au cours d'une conférence
- 23 ont été rencontrés au cours d'un salon international

## 2° Prospects rencontrés parmi l'ensemble des entreprises présentes



*Schéma 18 – Proportion des prospects rencontrés en tenant compte du nombre total de participants à chaque événement*

Au cours de ces événements, nous avons présenté Nanopôle S.A. ainsi que l'ensemble de ses activités auprès de nombreuses entreprises.

Proportion des prospects ciblés par rapport à l'ensemble des entreprises présentes :

- Working with Germans : 1 société sur 5
- Meeting with chinese business delegation : 4 sociétés sur 65
- Successful R&D in Europe : 9 sociétés sur 115
- EuroExpo : 8 sociétés sur 90
- SüdTec : 15 sociétés sur 174

### 1.1.2 Sociétés présentes

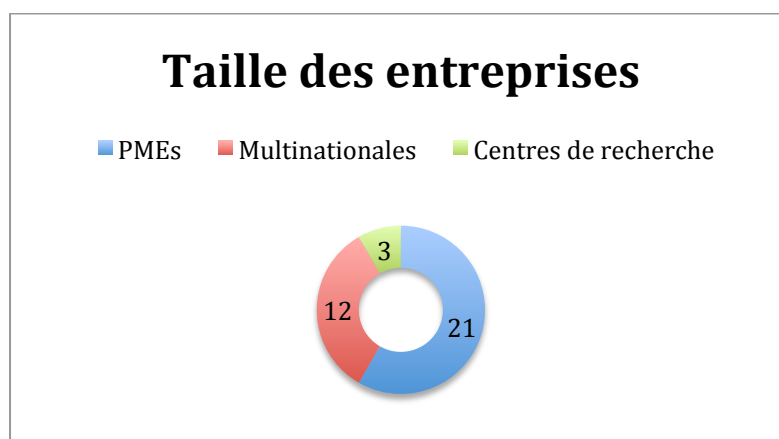


Schéma 19 – Classification en pourcentage des organisations rencontrées

Parmi les intervenants :

- 3 d'entre eux représentaient des centres de recherche
- 12 d'entre eux représentaient des multinationales
- 21 d'entre eux représentaient des petites et moyennes entreprises

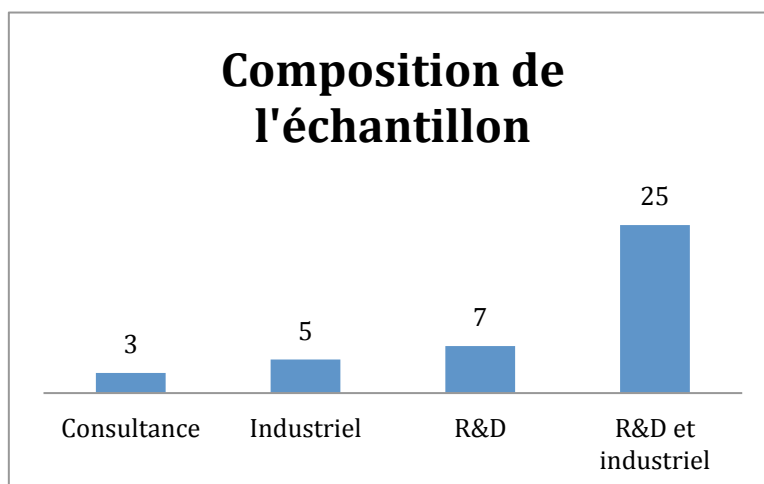


Schéma 20 – Composition de l'échantillon

Parmi les entreprises représentées :

- 3 d'entre elles sont actives dans le secteur de la consultance
- 5 d'entre elles sont actives dans le secteur industriel
- 7 d'entre elles concentrent leurs objectifs sur des projets de recherches
- 25 d'entre elles consacrent une partie de leurs effectifs à la recherche et une autre partie à la commercialisation industrielle leurs produits et/ou équipements

### 1.1.3 Représentants par pays

Parmi les 40 répondants, un large panel de pays étaient représentés, dont plusieurs continents :

- Europe :
  - o de l'Ouest : Pologne, Autriche, Espagne, Belgique, Hongrie, Pays-Bas, Grande-Bretagne, France, Allemagne, Suède
  - o de l'Est : Russie (République du Tatarstan)
- Amérique du Nord (état de l'Indiana)
- Asie : Chine, Israël

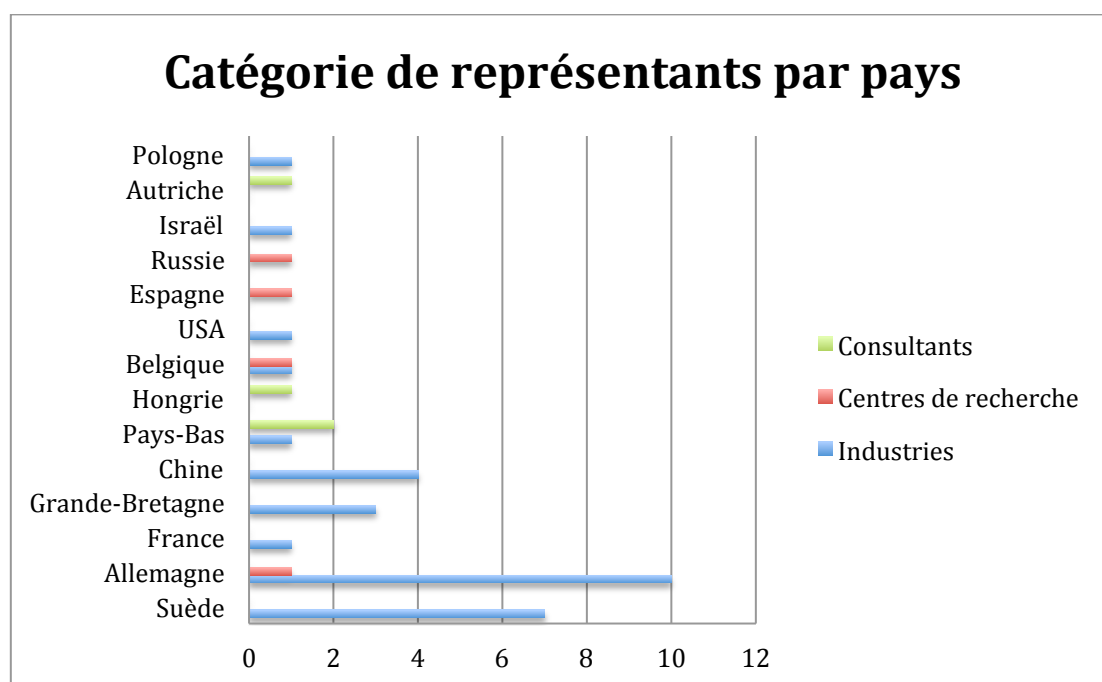


Schéma 21 – Catégorisation des interlocuteurs par pays

Nous constatons que la majorité des représentants rencontrés étaient établis sur le territoire allemand et suédois. Cela n'a rien d'étonnant vu que la plupart des événements auxquels nous avons assistés étaient organisés en Allemagne et l'un d'entre eux, en Suède.

## 1.2 Critériologie d'évaluation

Critères	Questions	Objectifs
1	Connaissez-vous les nanotechnologies ?	Identifier les entreprises qui se sont déjà intéressées à l'usage des nanotechnologies
2	Utilisez-vous des nanoparticules (dans vos produits) ?	Mesurer le degré d'implication de l'entreprise dans l'intégration (usage) des nanoparticules
3	Avez-vous des projets de développement avec des nanoparticules?	Identifier les entreprises qui ont déjà participé à des projets de développement pour mieux répondre à leurs attentes (produit/ équipement/ service)
4	Etes-vous prêt à investir en R&D?	Evaluer la prédisposition de l'entreprise à s'engager dans une collaboration future
5	Avez-vous besoin de quantités industrielles de nanoparticules ?	Identifier les entreprises qui sont prêtes à s'engager dans une production industrielle
6	Pensez-vous à des applications spécifiques ?	Déterminer quelles applications industrielles sont les plus prisées pour cibler les secteurs porteurs
7	Voulez-vous produire vous-mêmes les nanotechnologies ou avoir un fournisseur ?	Déterminer quel type de collaboration peut être établie en fonction des besoins de l'entreprise
8	Souhaitez-vous des informations complémentaires ?	Evaluer l'intérêt des interlocuteurs pour les nanoparticules et quels seraient les facteurs qui influenceraient positivement leur engagement.

## 1.3 Méthode d'analyse

Même si nous développons l'enquête réalisée sous forme de critères de caractérisation sur base d'un échantillon des 40 entreprises et organisations, nous emploierons le test de la majorité confirmée, généralement utilisé pour tester les hypothèses précédant les études statistiques, afin d'établir si nous obtenons une majorité de répondants à chaque critère. Les paramètres  $H_0$  et  $H_1$  seront donc employés.

### Test de la majorité confirmée<sup>50</sup> :

Nous cherchons à tester la proportion que nous devons avoir dans notre échantillon afin d'avoir une majorité statistique.

$N=40$

Proportion standard = 0,5

$H_0: p=0,5$

$H_1: p>0,5$

Avec  $\alpha=5\%$ , la valeur  $t_\alpha$  de la variable normale centrée réduite telle que  $\text{Prob}\{T > t_\alpha\} = \alpha$  est  $t_{0,05} = 1,645$

On a donc une régression critique  $\alpha = \text{Prob}\{f > b | P=P_0\}$  par conséquent

$$b = P_0 + t_\alpha \sqrt{\frac{P_0 * (1 - P_0)}{n}} \text{ c'est-à-dire } b = 0,5 + 1,645 \sqrt{\frac{0,5 * (1 - 0,5)}{40}} = 0,63 = 63\%$$

Pour avoir une majorité, nous devons avoir une proportion de 63% dans notre échantillon, soit à partir de 25,2 à savoir 26 personnes.

---

<sup>50</sup> E. FRANCKX, « Le test de la majorité confirmée et son utilisation dans l'inférence statistique », Bruxelles, p 241-256, hyperlien : <http://www.casact.org/library/astin/vol2no2/241.pdf>

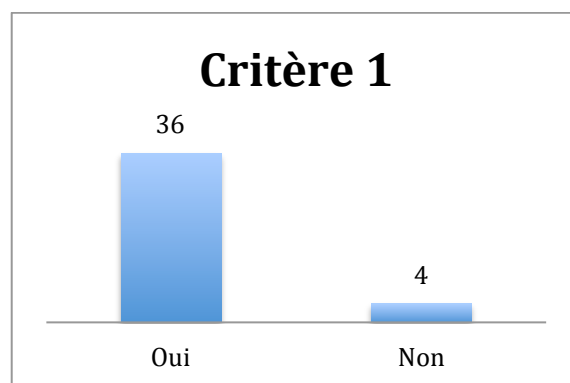
## *Critère 1 - Connaissez-vous les nanotechnologies ?*

Avant de pouvoir présenter le projet Nanotech, il est important de savoir si l'interlocuteur a déjà entendu parler des nanotechnologies et dans quelle mesure il est au courant des évolutions technologiques touchant ce secteur d'activités.

Pour mettre en confiance l'interlocuteur, nous avons décidé que Merriem Aouf, stagiaire Explort, se présenterait en tant que « Business Development Manager » auprès des sociétés et ce pour deux raisons principales :

- ❖ Il s'agissait d'événements professionnels au cours desquelles de nombreux docteurs (en chimie, physique, biochimie), managers de multinationales ou de PME innovantes étaient présents ; ces personnes sont en général sélectives dans le choix de leurs interlocuteurs et ont peu de temps à consacrer aux représentants qui se présentent. Pour pouvoir s'adresser à eux, il faut avoir un rang au moins équivalent au leur dans l'entreprise que l'on représente.
- ❖ D'après les informations reçues au cours des formations données par l'AWEX, par souci de crédibilité, il convient de se présenter aux sociétés en tant que membre à part entière de la société que l'on souhaite représenter en tant que stagiaire pour éviter que l'interlocuteur refuse le dialogue et conserve par la suite une image peu professionnelle de Nanopôle S.A ; c'est une question d'étiquette dans ce milieu. Par ailleurs, nous souhaitons éviter d'entacher l'image de marque de Nanopôle S.A. dès la première prise de contact, ce qui aurait eu pour conséquence de fermer des portes vers une collaboration future.

### *Résultats de l'enquête*



Une écrasante majorité des répondants (36) avait déjà des connaissances préalables touchant cette technologie de pointe soit parce que :

- Ils en avaient entendu parler grâce à des revues spécialisées, par des collègues ou des relations d'affaires.
- Ils les utilisaient déjà dans certaines applications.
- Ils étaient à la recherche de partenaires pour développer des projets.

Une minorité des répondants (4) ne connaissaient pas les nanotechnologies soit parce que :

- Ils ignoraient que cela pouvait toucher leur secteur d'activités.
- Ils souffraient d'un manque d'information sur le sujet.

## *Critère 2 - Utilisez-vous des nanoparticules (dans vos produits)?*

Dans le mandat de recherche de prospects établi dans la première phase du plan de mission, Nanopôle S.A. a exprimé son souhait de trouver des prospects qui avaient déjà une expérience antérieure dans l'utilisation de nanoparticules.

Plusieurs raisons motivent ce choix :

### *Motif 1*

Durant la phase de contact des clients par téléphone et par mail, nous nous sommes aperçus que les prospects contactés en Europe dans les secteurs ciblés (industrie du métal et pharmaceutique) n'étaient pas suffisamment informés sur l'utilisation des nanotechnologies que pour accepter une collaboration avec Nanopôle S.A.

Contraintes à relever :

- Cela aurait pris trop de temps de leur expliquer en détails l'objet des nanotechnologies sans pour autant s'assurer un quelconque bénéfice pour Nanopôle S.A.
- Nanopôle S.A. traverse une période de prise de décisions stratégiques majeures qui détermineront l'avenir du projet Nanotech ; la phase de développement touchant progressivement à sa fin, nous souhaitons évaluer la valorisation du projet auprès de clients potentiels.

Une segmentation du marché et une adaptation de la stratégie d'approche étaient donc nécessaires pour éviter de perdre un temps précieux ; c'est pour cette raison que nous avons choisi d'aller directement à la rencontre des industriels au cours de conférences et de salons internationaux organisés sur leur propre territoire.

L'objectif visé par la démarche est de trouver des collaborateurs et de commercialiser les nanopoudres ainsi que l'équipement dans un délai de temps raisonnable.

## *Motif 2*

Les industriels qui ont déjà intégré des nanoparticules dans leurs produits ont acquis un panel de connaissances préalables concernant d'une part les méthodes de production des nanoparticules et d'autre part les applications possibles grâce à ces compléments. Cette expérience antérieure peut favoriser un partage de compétences entre Nanopôle S.A. et l'entreprise en question et permettre aux ingénieurs du projet d'améliorer la performance de leur équipement ainsi que les produits en tant que tel.

Si les industriels sont intéressés par les accords commerciaux proposés par Nanopôle S.A., l'achat partiel ou intégral de l'équipement de production sera facilité et les chances de collaboration augmentées.

Les attentes des industriels sont plus claires après une telle expérience, ils sont dès lors conscients de leurs besoins (applications des nanotechnologies).

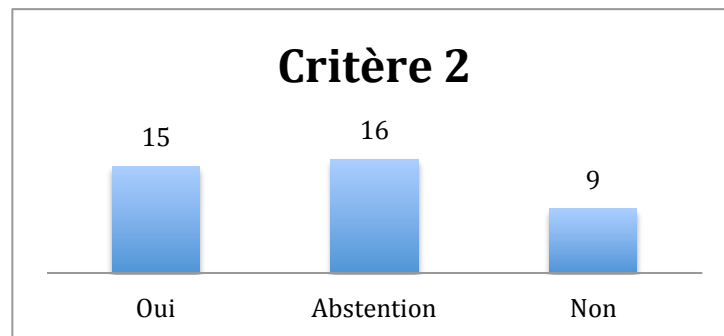
## *Motif 3*

Les centres de recherche qui travaillent dans le secteur des nanotechnologies et souhaitent collaborer avec Nanopôle S.A. peuvent apporter leurs compétences pour améliorer l'équipement de production actuel de nanopoudres.

Collaborer avec d'autres centres de recherche dans le cadre d'un projet européen peut mettre en valeur les résultats du projet Nanotech sur le marché européen et contribuer à la notoriété de Nanopôle S.A. auprès de prospects éventuels.

Par ailleurs, à terme, apprendre à produire d'autres types de nanoparticules grâce à ce type de collaboration, avec l'équipement de production élaboré jusqu'ici, peut permettre à Nanopôle S.A. d'augmenter sa part de marché.

## Résultats de l'enquête



Une partie des répondants (15) ont reconnu qu'ils utilisaient déjà des nanoparticules.

Une grande partie des répondants (16) se sont abstenus de répondre à la question soit :

- Pour des raisons de confidentialité.
- Parce que l'interlocuteur ne travaillait pas dans le secteur de recherche de son entreprise au quel cas il nous invitait à contacter la personne adéquate.

Une minorité des répondants (9) a confirmé qu'ils n'utilisaient pas ou pas encore de nanoparticules dans leur production soit :

- A cause du coût estimé du matériel nécessaire pour revoir leur procédé de production.
- A cause d'une mauvaise expérience avec un partenaire actif dans le secteur des nanotechnologies au cours d'un projet.
- A cause de la dangerosité des nanoparticules : impact environnemental et conditions de travail des ouvriers.

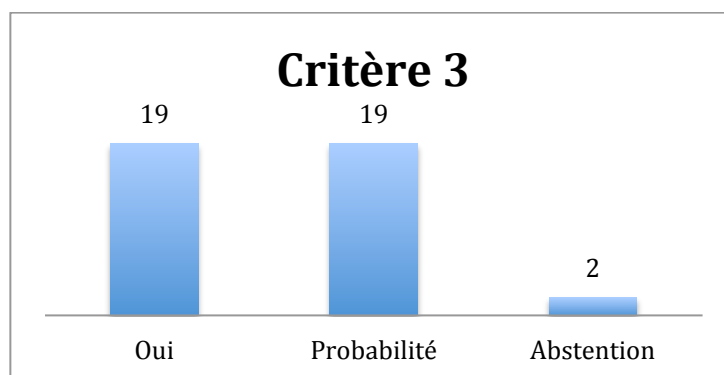
### *Critère 3 - Avez-vous des projets de développement avec des nanoparticules en vue ?*

Cette question est destinée à mieux cerner les plans à court terme et à long terme des sociétés et déterminer par la suite le degré d'avancement de leurs recherches.

Il existe différentes catégories d'organisations et leurs objectifs se distinguent comme suit :

- 1) Les centres de recherche souhaitent trouver des partenaires pour se lancer dans des projets nationaux ou européens, définis au départ et revu en concertation dès que les partenaires ont été déterminés, en partant du principe du partage des connaissances et/ou de mise en commun des compétences
- 2) Certaines entreprises ont un objectif clair à atteindre de par l'usage des nanotechnologies (ex : concevoir un nouveau produit, revoir leur ligne de production, etc)
- 3) D'autres sociétés sont à la recherche de projets à mettre en place en collaboration avec d'autres sociétés et centres de recherche. Ils sont à la recherche de projets de développement dans lesquels ils peuvent participer en apportant leur support, en général en nature (ex : apporter des matières premières à l'aide desquelles les chercheurs pourront tester les nanoparticules). Plusieurs motifs les poussent à s'impliquer dans ce genre de projets :
  - a. Eviter de tester les nanoparticules dans leur usine, qui n'a pas nécessairement tout l'équipement nécessaire pour réaliser les tests
  - b. Profiter de l'expertise réalisée par des spécialistes externes, ce qui est avantageux quand l'entreprise ne dispose pas des conseils d'un expert à demeure ou qu'elle est à la recherche de chercheurs qui ont des compétences bien spécifiques dont elle pourrait bénéficier.
  - c. Economiser de l'argent ; en général, les entreprises qui se lancent dans des projets nationaux ou européens savent qu'elles peuvent compter sur le support financier de différents organismes de soutien si leur projet est viable.

## Résultats de l'enquête



La majorité des répondants se sont regroupés équitablement (19) dans deux catégories différentes :

- 1) Les uns ont confirmé leur intérêt pour des projets de développement touchant les nanotechnologies et ce, soit :
  - a. pour concevoir de nouveaux produits destinés à la vente
  - b. pour améliorer les propriétés intrinsèques de certains matériaux déjà en application
  - c. pour développer un processus de production capable de réguler tous les paramètres de fabrication (débit de gaz, température, fréquence, etc)
- 2) Les autres ont émis la possibilité de s'impliquer dans un projet de développement lié aux nanotechnologies. Néanmoins, ils se distinguent par leurs ambitions respectives.

Deux abstentions sont à noter soit :

- Pour des raisons de confidentialité.
- Parce qu'aucun projet n'a encore été réellement défini et/ou que la question est à l'étude.

Parmi les personnes interpellées, aucune ne porte un intérêt nul aux nanotechnologies pour ses projets de développement actuels ou futurs.

## *Critère 4 - Êtes-vous prêt à investir en R&D?*

Selon le secteur d'activités, les entreprises consacrent une partie de leur budget annuel à la recherche pour des projets de développement visant par exemple à développer de nouveaux produits, afin d'augmenter la part de marché de la société à terme et/ou de renforcer ses avantages concurrentiels sur le marché, face à la concurrence.

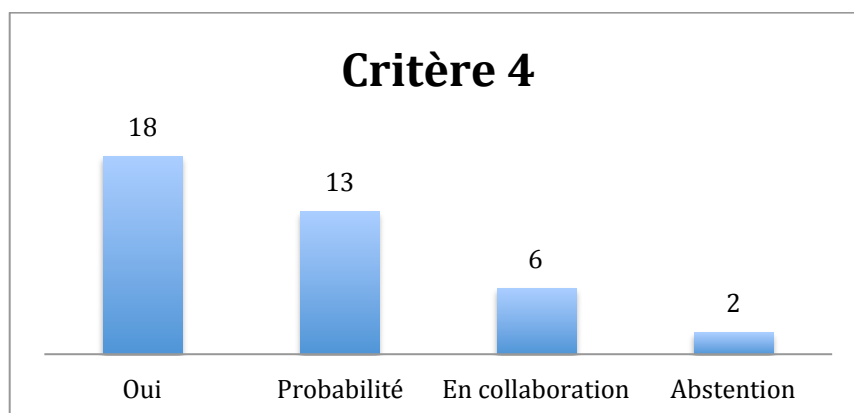
En général, les entreprises qui ont une envergure internationale et un chiffre d'affaires conséquent investissent dans la recherche ; elles possèdent parfois leurs propres laboratoires de recherche et le matériel pour effectuer les tests expérimentaux au niveau industriel (exemple : ligne de production de nanopoudres). Quand ce n'est pas le cas, elles ont recours à plusieurs méthodes, soit :

- Elles participent à des projets européens pour bénéficier des résultats d'analyse à la fin du projet qu'elles adaptent ensuite à leur méthode initiale de fonctionnement.
- Elles achètent des spin-offs qui ont procédé au développement de l'engineering qui leur faisait défaut pour aller plus avant.

Contexte d'utilisation de l'appellation « en collaboration » :

- 1) Certaines entreprises ne disposent pas de retours financiers (chiffre d'affaires) suffisamment importants pour se lancer dans une démarche individuelle de recherches. Ce phénomène touche considérablement les PME. Quand un projet impliquant plusieurs partenaires qualifiés est accepté à l'échelle nationale ou européenne, des fonds sont libérés pour le réaliser après validation de l'instance décisionnelle de l'organisme de soutien.
- 2) D'autres n'ont pas les ressources humaines ou les compétences (scientifiques) nécessaires en leur sein pour pouvoir réaliser un tel projet. Dès lors, collaborer avec des experts comme les membres du consortium Nanotech par l'entremise de Nanopôle S.A. est une belle opportunité à saisir.

## Résultats de l'enquête



Au regard des résultats d'enquête, une grande partie des répondants (18) sont prêts à investir dans la recherche en nanotechnologies en :

- Achetant l'ensemble de la ligne de production de nanopoudres commercialisée par Nanopôle S.A. (production sur place)
- Adaptant leur processus de production pour y intégrer les nanopoudres (au cas où Nanopôle S.A. devenait leur fournisseur)

Une partie des répondants (13) serait éventuellement prête à investir dans un projet de cette envergure. Plusieurs facteurs influenceront leur choix :

- La politique de leur entreprise (vision à long terme) en fonction des décisionnaires en place.
- Le prix de l'équipement et la possibilité d'achat total ou partiel ; pour conserver leur « secret » de fabrication, certaines entreprises préfèrent acheter l'ensemble de l'engineering et pas uniquement les équipements partiels.
- Les facteurs environnementaux : conformité des normes de sécurité et respect des procédures liées à l'environnement ; certains prospects ont un label « green » à défendre.
- La fiabilité et la rentabilité du processus mis au point par le consortium Nanotech (production à l'échelle industrielle).
- La facilité d'utilisation des produits proposés par Nanopôle S.A. ; toutes les entreprises s'interrogent sur la possibilité d'intégrer des nanopoudres dans leurs produits. En effet, jusqu'ici, Nanopôle S.A. ne s'est pas encore attardée sur la

mise en place de méthodes permettant d'intégrer les nanopoudres produits dans le procédé de fabrication des clients potentiels.

Une minorité de répondants (6) pourrait investir dans un projet de recherche touchant les nanotechnologies en collaboration avec d'autres investisseurs soit parce qu'il s'agit soit de centres de recherches soit de PME qui n'ont pas suffisamment de fonds propres pour se lancer seules dans un tel projet.

Deux interlocuteurs ne se sont pas prononcés parce qu'ils travaillaient dans le secteur de la consultance ; leurs entreprises n'avaient aucun budget à consacrer pour le développement d'un projet touchant directement les nanotechnologies.

## *Critère 5 – Avez-vous besoin de quantités industrielles de nanoparticules ?*

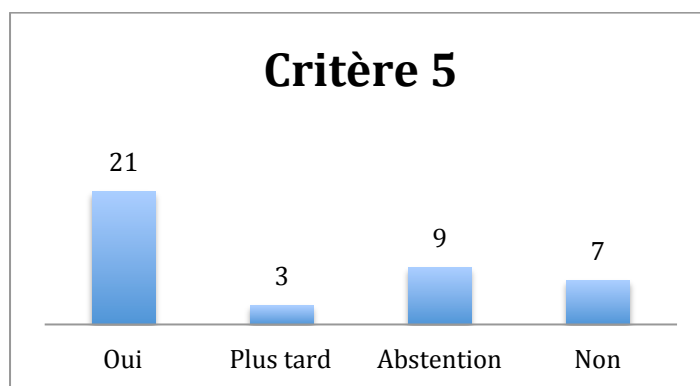
Cette question est destinée à distinguer les répondants :

- Les entreprises :
  - qui ont besoin de nanopoudres en quantités industrielles pour les intégrer dans leur propre production.
  - qui souhaitent dans un premier temps tester l'usage des nanopoudres en échantillons dans leurs propres laboratoires sur leurs produits et équipements.
- Les centres de recherche qui sont demandeurs d'échantillons de nanopoudres pour les analyser avec leur propre matériel et tester les propriétés des nanopoudres comme la consistance, la taille ou le degré de pureté des nanopoudres.

En outre, le consortium représenté par Nanopôle S.A. est actuellement en mesure de :

- Vendre la ligne de production au complet.
- Vendre les équipements de production séparément.
- Vendre des nanopoudres (en grammes).
- Vendre les calculs de modélisation mis au point par des ingénieurs pour réguler les paramètres de production.
- Analyser les nanoparticules produites par d'autres centres de recherche ou laboratoires internes aux entreprises grâce à son large panel d'outils de mesure
- Expertiser du moins partiellement les installations de production de nanoparticules des centres de recherches pour les conseiller et compléter leurs connaissances.
- Expertiser la ligne de production des entreprises pour trouver le meilleur moyen d'y intégrer les nanopoudres.

## Résultats de l'enquête



Une grande partie des répondants (21) ont effectivement un besoin de nanopoudres à l'échelle industrielle soit parce que :

- Il s'agit de multinationales qui produisent quotidiennement des quantités importantes de matériaux et auront donc besoin de quantités relativement proportionnelles de nanopoudres.
- Le prospect souhaite intégrer les nanopoudres pour faire des tests continus sur plusieurs produits.

Trois personnes postposent leur volonté de commander des quantités industrielles parce qu'à l'heure actuelle, ils ne maîtrisent pas suffisamment la technologie pour intégrer les nanopoudres en grandes quantités. Dans un premier temps, ils préfèrent en général tester de petits échantillons de nanopoudres (quelques grammes) pour mener des expériences et dans un deuxième temps, clarifier leurs besoins réels.

Une partie des répondants (9) s'est abstenue de répondre à cette question soit parce que :

- Le besoin réel n'est pas encore défini.
- L'interlocuteur n'est pas membre du département de recherche de l'entreprise et ne peut donc pas s'avancer plus par rapport aux projets de sa société.

Une minorité des répondants (7) a considéré qu'il n'était pas opportun de commander de grandes quantités de nanopoudres actuellement. Dans ce cas, il préfèrent soit :

- Attendre quelques années que la technologie soit encore plus aboutie et qu'une communication transparente soit diffusée ouvertement par rapport à l'usage des

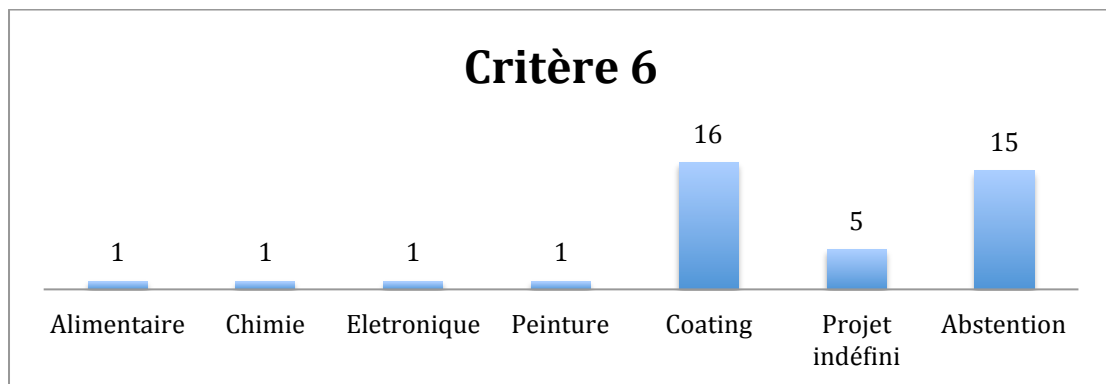
nanotechnologies et ce dans différents domaines d'applications, notamment des secteurs sensibles tels que l'alimentaire et le pharmaceutique.

- Ne pas s'engager avec Nanopôle S.A. tant qu'une procédure de validation et de contrôle de l'ensemble du procédé de production lié aux nanotechnologies, comme celui qui a été conçu par les membres du projet Nanotech, ne soit établie par une instance européenne pour garantir que la méthode de fabrication employée soit conforme aux normes environnementales et de sécurité en vigueur ; étant donné que jusqu'à aujourd'hui, aucune procédure de conformité officielle touchant les nanotechnologies n'a été établie, certains prospects n'osent pas se lancer.

## *Critère 6 – Pensez-vous à des applications spécifiques ?*

Afin d'avoir une meilleure vue d'ensemble du marché et pouvoir ensuite le segmenter, connaître quelles utilisations répondraient aux besoins en nanopoudres des prospects était une étape essentielle à franchir.

### *Résultats de l'enquête*



Parmi les répondants, une minorité d'entre eux concentrent leurs recherches dans le secteur chimique (1), électronique (1), de l'alimentation (1), de la peinture (1).

Une grande partie des interlocuteurs (16) souhaitent employer des nanoparticules pour fabriquer du coating à usages variés :

- Revêtement de sol
- Revêtement de l'acier pour rendre la carrosserie des automobiles parfaitement lisse en trois dimensions (3D)
- Equipements pharmaceutiques et médicaux à base de nano-argent et en nano-fibres (textiles anti-sceptique)
- Nettoyage en profondeur des impuretés (aluminium)
- Isolation électrique (tuyaux enrobant les fils électriques)
- Apporter de nouvelles propriétés aux métaux (anti-corrosion et anti-usure)
- Améliorer la cohésion des adhésifs
- Augmenter la conductivité d'une surface

Plusieurs répondants (5) n'ont pas encore de projet défini d'applications spécifiques à développer soit :

- Parce qu'ils ne connaissent pas toutes les propriétés que peuvent apporter les nanotechnologies à leurs produits.
- Parce que leur société étudie actuellement les projets à poursuivre en fonction de la vision stratégique à long terme établie par les responsables de production ou technologique de la société.

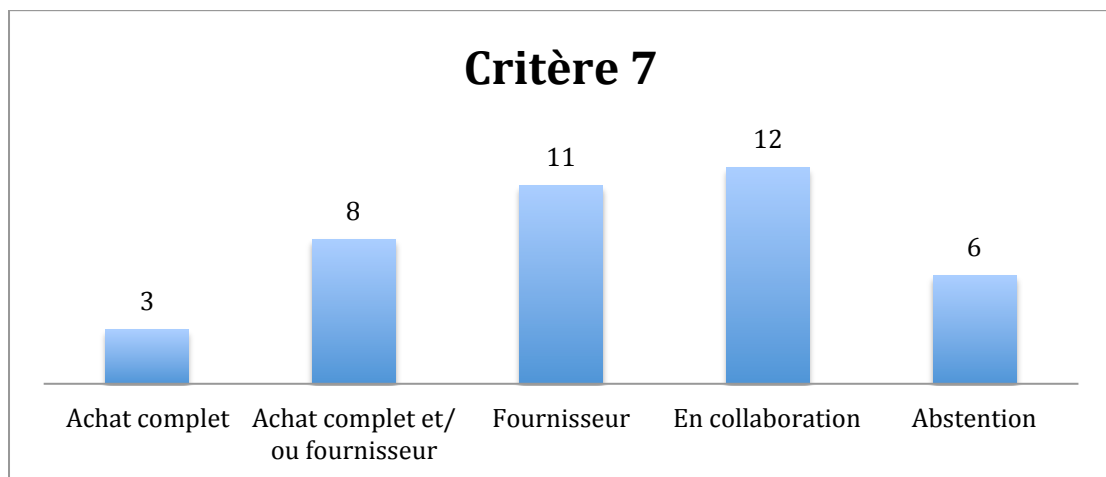
Une grande partie des répondants se sont abstenus de répondre :

- Pour des raisons de confidentialité.
- Parce que l'interlocuteur n'a pas le degré de compétence requis pour répondre s'il ne travaille pas dans le département de recherche ou de production de l'entreprise.
- Parce que l'interlocuteur est consultant.

## *Critère 7 - Voulez-vous produire vous-mêmes les nanoparticules (en achetant tout l'équipement) ou avoir un fournisseur ?*

Les intervenants ont des objectifs différents qui vont influencer leur comportement de consommation.

### *Résultats de l'enquête*



Une minorité des répondants (3) souhaiteraient acheter l'ensemble de la ligne de production, des plans de conception (engineering) et des calculs de modélisation parce qu'elles :

- Ont les moyens financiers nécessaires pour investir dans l'achat de la ligne complète.
- Ne pas qu'un fournisseur externe puisse connaître la technologie développée par l'entreprise ou encore les applications à l'étude.

Une grande partie des répondants (11) souhaiteraient que Nanopôle S.A. devienne leur fournisseur. Il s'agit soit :

- De PME qui souhaitent se réapprovisionner régulièrement en nanopoudres mais qui ne sont pas financièrement aptes à acheter tout l'équipement.

- De multinationales qui souhaitent avoir un fournisseur d'appoint pour des recherches ponctuelles, remplacer un autre fournisseur ou compenser la production interne de nanopoudres aux périodes de pic d'activités.

Huit répondants ne savent pas encore dans quelle catégorie se situer et hésitent entre :

- L'achat de la ligne de production complète (pour pouvoir rester indépendant au niveau de la production de leurs produits) ET une collaboration avec un fournisseur comme Nanopôle S.A. (pour pouvoir se réapprovisionner en nanopoudres en cas de besoin).
- L'achat de la ligne de production complète OU une collaboration avec un fournisseur comme Nanopôle S.A.

Une grande partie des répondants (12) préfèrent travailler en collaboration avec Nanopôle S.A. soit :

- Pour des raisons financières au quel cas une collaboration est souvent décidée.
- Parce que l'objet de la mise en relation est lié à la réalisation d'un projet de recherche avec d'autres centres de développement et n'est pas lié directement à la commercialisation des produits de Nanopôle S.A.

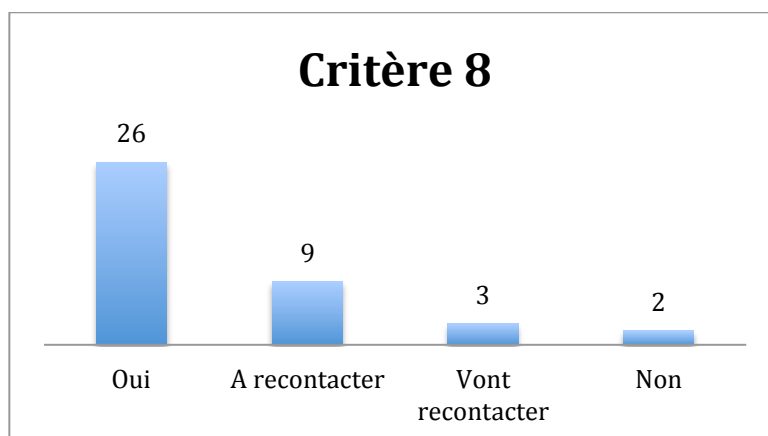
Six répondants ne se sont pas prononcés :

- Parce que l'interlocuteur n'a pas le degré de compétence requis pour se prononcer.
- Parce que la société n'est pas encore prête à se lancer dans un projet d'intégration de nanoparticules.

## *Critère 8 – Souhaitez-vous des informations complémentaires ?*

Pour rester en contact avec les personnes rencontrées, nous avons considéré qu'il était important de répondre à leurs attentes au plus tôt.

### *Résultats de l'enquête*



La majorité des répondants (26) souhaitent recevoir des informations complémentaires relatives :

- Aux propriétés additionnelles possibles apportées par les nanopoudres.
- Au détail du processus de production (confinement, modélisation, paramétrage).
- A la liste des prix des équipements et produits proposés.
- Aux types de collaborations souhaitées par Nanopôle S.A.
- Aux certificats éventuellement obtenus prouvant que les nanopoudres produites par le groupe Nanotech ont été testées sur des équipements médicaux et qu'ils ont apporté les résultats souhaités.
- A l'utilisation des nanoparticules métalliques.
- Aux applications déjà réalisées par le groupe Nanotech pour répondre à la demande d'autres industriels.

Parmi les interlocuteurs, plusieurs (9) ont suggéré à Nanopôle S.A. de reprendre contact au plus tôt avec eux soit :

- Pour pouvoir les mettre directement en contact avec le responsable du département ou le chercheur adéquat dans l'entreprise en question, seules personnes capables de prendre des décisions relatives à une collaboration éventuelle avec Nanopôle S.A.
- Parce que l'interlocuteur présent à l'événement représentait plusieurs industriels et souhaitait savoir si Nanopôle S.A. serait intéressé que celui-ci joue le rôle d'intermédiaire entre Nanopôle S.A. et ses collaborateurs directs.

Une minorité des répondants (3) ont proposé de recontacter Nanopôle S.A. après avoir pris une décision définitive.

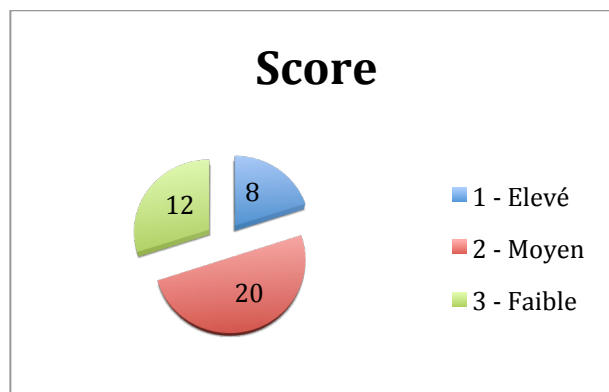
Deux des consultants rencontrés ne souhaitaient pas d'informations complémentaires sur les nanotechnologies. Par contre, ils demeurent à la disposition de Nanopôle S.A. s'ils ont besoin de leurs services.

## Score

Suite à la classification établie sur base des critères énumérés, les prospects ont été regroupés en 3 catégories :

- Score « élevé » : le prospect est prêt à collaborer avec Nanopôle S.A. à court terme. Caractéristiques des organisations au score élevé :
  - La première prise de contact a directement eu lieu en présence des décideurs de l'entreprise demandeuse
  - La société ou le centre de recherche représenté a des connaissances approfondies préalables sur l'usage des nanotechnologies
  - Certaines applications nécessitant l'usage de nanoparticules ont déjà été développées
  - L'organisation a des moyens financiers suffisants ou une flexibilité d'adaptation accrue aux attentes de Nanopôle S.A. pour un collaborateur éventuel
  - La société en question est dans l'attente d'une prochaine prise de contact et d'informations complémentaires de la part de Nanopôle S.A.
- Score « moyen » : le prospect a un profil partiellement compatible avec le segment de marché qui touche Nanopôle S.A. (prospects à considérer à moyen terme). Caractéristiques des organisations au score moyen :
  - La première prise de contact a eu lieu avec un membre de la société qui n'est pas à même de prendre une décision directement
  - La société ou le centre de recherche représenté a des connaissances communes à celles de Nanopôle S.A. ou approfondies sur un domaine lié aux nanotechnologies
  - Les décideurs sont à la recherche de nanoparticules adaptables à des matériaux spécifiques (expertise nécessaire)
  - Ses moyens financiers peuvent être importants ou restreints selon le cas
  - Le centre de recherche et développement est parfois situé dans un autre pays (ex : les Etats-Unis) et l'attente de la décision peut prendre du temps (intermédiaires nécessaires)

- Score « faible » : le prospect n'est pas encore prêt à s'engager dans une collaboration avec Nanopôle S.A. ; cela sera peut-être rendu possible à long terme. Caractéristiques des organisations au score faible :
  - La société ou le centre de recherche représenté a des connaissances basiques ou inexistantes sur les nanotechnologies
  - Aucune application n'a encore été développée à base de nanoparticules ou les applications développées ne correspondent pas aux secteurs vers lesquels souhaite s'orienter Nanopôle S.A. (ex : l'alimentaire) parce que la société n'a pas les certificats adéquats pour aborder le marché ;



*Tableau récapitulatif des prospects rencontrés, selon le score obtenu:*

	<b>Score</b>		
	<i>Elevé</i>	<i>Moyen</i>	<i>Faible</i>
<b>Entreprises</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Shaanxi Xizhu Chemical Additives Technology Development Co., Ltd</li> <li>• VASCUTEK terumo</li> <li>• Fraunhofer</li> <li>• BAYER</li> <li>• Adelhelm</li> <li>• rasmaterials</li> <li>• Tesa SE (Beiersdorff)</li> <li>• Air Liquide</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Jiangsu Baihe Coatings Co., Ltd</li> <li>• Unipro (Uzin-utz AG)</li> <li>• EMC MCC</li> <li>• Ita</li> <li>• AIN</li> <li>• Sirris (Flandres)</li> <li>• Palbam Class</li> <li>• WZR ceramic solutions</li> <li>• RTI international Metals, Ltd</li> <li>• z-microsystems</li> <li>• KOGEL high-tech in metall</li> <li>• DYMAX</li> <li>• Speciality coating systems</li> <li>• MCG metal coat GmbH</li> <li>• Exopack advanced coatings</li> <li>• PTF precision for hightech</li> <li>• SKF Industrial Market</li> <li>• Backer</li> <li>• EIE Maskin AB</li> <li>• Easy-Laser</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Zhejiang Hetai Packing Co., Ltd</li> <li>• Shanghai Golden Tripod Xianshang Electronic Corporation</li> <li>• NEN</li> <li>• WIT-SIS Consulting ZRt</li> <li>• Lightmotif</li> <li>• RWTH Aachen University</li> <li>• poçta</li> <li>• Hemoteq</li> <li>• JUMO</li> <li>• INKOM</li> <li>• Diling Teknik AB</li> <li>• FREBELT</li> </ul>

*Tableau croisé reprenant les sociétés étudiées selon le(s) secteur(s) d'activité(s), le type d'organisation et le pays de localisation :*

<b>Nom de l'entreprise</b>	<b>Secteur(s) d'activité(s)</b>	<b>Type d'organisation</b>	<b>Pays</b>
Jiangsu Baihe Coatings Co., Ltd	Production de coatings plastique, miroir et coating de résine	PME	Chine
Shaanxi Xizhu Chemical Additives Technology Development Co., Ltd	Matériaux chimiques, produits électroniques, équipements opérationnels, services technologiques	Multinationale	Chine
Zhejiang Hetai Packing Co., Ltd	Lignes de production d'emballage, impression de produits en aluminium	PME	Chine
Shanghai Golden Tripod Xianshang Electronic Corporation	Produits électroniques	PME	Chine
Unipro (Uzin-utz AG)	Revêtements de sol	PME	Belgique
NEN	Produits électriques	PME - entreprise de consultance	Pays-Bas
WIT-SIS Consulting ZRt	Informatique	PME - entreprise de consultance	Hongrie
EMCMCC	Analyse thermique et sécurité électrique	PME - entreprise de consultance	Pays-Bas
Lightmotif	Production de nanoparticules par procédé laser	PME	Pays-Bas
RWTH Aachen University	Intégration des nanoparticules dans le textile	Centre de recherche	Allemagne
ita	Production de nanoparticules par procédé plasma	Centre de recherche	Espagne
AIN	Coating - Plasma Vacuum Surface Modification Technologies	Centre de recherche	
pocta	Agriculture (biotechnologies)	PME	Russie
Sirris (Flandres)	Gestion de projets innovants	Centre de recherche	Belgique
Palbam Class	Equipement et mobilier de nettoyage	PME	Israël
WZR ceramic solutions	Test et développement de matériaux techniques, verre, céramique, métaux et polymères	Centre de recherche	Allemagne

RTI international Metals, Ltd	Développement de matériaux à base de titane (et autres métaux)	Multinationale	Royaume-Uni
z-microsystems	Équipement industriel et plastique pour le secteur médical	PME	Autriche
KOGEL high-tech in metall	Production de matériaux à base de métal	PME	Allemagne
VASCUTEK terumo	Production de textiles pour le secteur médical	PME – branche indépendante d’une multinationale	Ecosse
Fraunhofer	Institut de production d’instruments et matériaux de haute technologique	Centre de recherche	Allemagne
BAYER	Producteur de matériaux innovants	Multinationale	Allemagne
Adelhelm	Production de revêtements de surface (téflon, polymères, verre, etc)	Multinationale	Allemagne
DYMAX	Production d’adhésifs et équipements pour réticulation UV	Multinationale	Allemagne
Hemoteq	Développement et production de coatings pour appareils médicaux	PME	Allemagne
Speciality coating systems	Développement de coating en parylène pour le secteur médical et expertise	Multinationale	Etats-Unis
MCG metal coat GmbH	Production de coating pour les métaux (aluminium)	PME	Pologne
Exopack advanced coatings	Production de coating, de matériaux flexibles	PME	Royaume-Uni
PTF precision for hightech	Production de matériaux pour le secteur médical, alimentaire, aérospatial, optique, laser et semi-conducteurs	Multinationale	Allemagne
SKF Industrial Market	Roulements, électromécanique, lubrification, solutions d’étanchéité	Multinationale	Suède
Backer	Produits, composants et systèmes pour réguler la température, résistors	Multinationale	Suède
EIE Maskin AB	Développement de composants pour machine avec transmission de puissance et technologie linéaire	PME – branche indépendante d’une multinationale	Suède

JUMO	Mesures de la température et de l'humidité pour la domotique (alimentaire, eau, pharmaceutique, énergies renouvelables, chaleur, plastiques, chimie)	PME	Suède
INKOM	Produits électroniques et électromécaniques	PME	Suède
Diling Teknik AB	Production de matériaux pour automobiles/tracteurs	PME	Suède
Easy-Laser	Développement et production de systèmes de mesure	Multinationale	Suède
FREBELT	Mise au point de solutions pour les convoyeurs et transmission de courroies	PME	Suède
rasmaterials	Production de nanoparticules par un procédé de dispersion	PME	Allemagne
Tesa SE (Beiersdorff)	Adhésifs	Multinationale	Allemagne
Air Liquide	Liquéfaction de l'air (gaz)	Multinationale	France

## 2. Scénarios

Suite à l'étude globale réalisée, nous avons imaginé trois types de scénarios d'aide à la décision pour Nanopôle S.A.

Dans le scénario optimiste, nous avons regroupé les opportunités de vente sur le marché à l'heure actuelle. En effet, en tant que société anonyme mandatée par les collaborateurs du projet Nanotech pour commercialiser le résultat des recherches effectuées au cours des quatre dernières années, Nanopôle S.A. est tenue de trouver des débouchés de vente au cours des prochains mois.

Sa vision est donc suspendue à un horizon court terme, ce qui explique le choix d'établir que le scénario optimiste pour l'entreprise est bel et bien la vente et que le scénario médian suggère plutôt la collaboration avec des chercheurs européens afin de renforcer les compétences des chercheurs du projet Nanotech sur les nanotechnologies et par-là même corroborer l'image de Nanopôle S.A. au-delà des frontières belges.

Quant au scénario pessimiste, l'arrêt des recherches, la possibilité qu'il survienne n'est pas à négliger. Nanopôle S.A. devra sans cesse renouveler ses efforts pour éviter qu'il ne se produise.

Par ailleurs, le cours de Annick CASTIAUX, Professeur aux Facultés Notre-Dame de la Paix, intitulé « Innovation Management » et dispensé au cours de l'année académique 2011-2012, a été pris comme base de réflexion pour établir les scénarios des issues possibles pour Nanopôle S.A.

## 2.1 Scénario optimiste : la vente

Sous cette rubrique, nous avons réuni toutes les alternatives de ventes élaborées, liées aux produits, aux équipements ou aux services proposés par Nanopôle S.A.

### *2.1.1 Vente partielle (équipements) ou totale de la machine (ligne de production complète)*

Nanopôle S.A. peut se lancer dans une conquête du marché européen afin de proposer l'ensemble de la ligne de production de nanopoudres à la vente ou les différents équipements qui la composent.

C'est une belle façon de s'imposer sur le marché et de se positionner face à la concurrence.

### *2.1.2 Vente ponctuelle ou continue de produits (contrat direct)*

Nanopôle S.A. peut s'inscrire dans une démarche à moyen terme visant à valoriser ses produits. Dans un premier temps, elle offrirait des échantillons aux prospects qui le désirent pour que ces entreprises puissent tester l'efficacité des poudres. Dans un second temps, si l'entreprise est satisfaite de la qualité des nanopoudres, Nanopôle S.A. lui proposerait des quantités plus importantes.

Cette entente peut ainsi déboucher sur un contrat à terme.

### *2.1.3 Offre de services de tests de particules ou maintenance (services après-vente)*

Nanopôle S.A. peut également offrir ses services pour la caractérisation de nanoparticules provenant d'autres laboratoires à l'aide du matériel qui est à sa disposition afin de définir leurs particularités des particules concernées (ex : consistance, couleur, teneur en molécules, taux de pureté, etc) ou encore assurer la maintenance des installations vendues préalablement en donnant des conseils d'utilisation et autres avis techniques.

Cela permet de garder contact avec les clients pour répondre à leurs attentes.

#### *2.1.4 Vente du procédé de fabrication ou des résultats de la recherche (modélisation)*

Certaines multinationales et PME innovantes manifestent le souhait d'acheter l'ensemble du procédé de fabrication. Pour des raisons de confidentialité, elles ne veulent pas avoir de fournisseur afin de conserver le secret lié à leurs innovations technologiques.

Des chercheurs travaillant pour d'autres universités ou PME innovantes sont à la recherche d'un acteur qui aurait développé la modélisation de la ligne de production.

#### *Remarques*

Un problème majeur demeure irrésolu à ce jour : pour que Nanopôle S.A. puisse aller plus loin dans ce processus de commercialisation, le consortium devra répondre à la question d'intégration des nanopoudres dans un matériel déterminé (ex : le métal). En effet, la grande majorité des prospects ont déjà exprimé leur inquiétude par rapport à cet aspect de la collaboration avec Nanopôle S.A. et pour cause, ils ne feront pas d'investissements à long terme pour un produit ou un équipement sans être sûr de pouvoir par la suite intégrer les poudres dans les matériaux qu'ils produisent.

D'autres zones d'ombre sont également apparues sur le tableau comme notamment :

- La capacité de production de nanopoudres à l'échelle industrielle.
- La possibilité que les nanopoudres ne s'échappent de la machine où le mélange entre les poudres et les matériaux seront effectués.
- La possibilité que le procédé d'intégration ne soit pas efficace et que le nanomatériau sortant ne possède pas les propriétés souhaitées.
- L'effet vieillissant des poudres sur le matériel de l'acheteur, ce qui entraînerait des investissements financiers conséquents.

Par ailleurs, si l'entreprise collaborant avec Nanopôle S.A. est une multinationale, les chances que d'autres entreprises actives dans le secteur des nanotechnologies contactent

Nanopôle S.A. pour leur faire une offre de collaboration sont nombreuses. En cas de succès, la renommée de Nanopôle S.A. s'en verra donc accrue sur le marché ciblé.

En effet, bien que le nombre de secteurs dans lesquels s'appliquent les nanotechnologies soient nombreux, les nouvelles vont vite et les réseaux informels transmettent volontiers des informations à leurs relations d'affaires ; leur efficacité n'est pas à prendre à la légère.

Néanmoins, il s'agit d'une arme à doubles tranchants. Si la collaboration est un succès, Nanopôle S.A. recevra rapidement les fruits de son dur labeur. Par contre, si la collaboration ne se déroule pas comme prévu, des conséquences sévères sont à redouter.

## 2.2 Scénario médian : la collaboration

Sous cette rubrique, nous avons réuni toutes les alternatives susceptibles de générer des collaborations avec d'autres entreprises ou centres de recherches.

### 2.2.1 *Collaboration avec d'autres entreprises*

#### a. **Sous-traitance avec une ou plusieurs entreprises (court terme)**

Les avantages d'une telle collaboration ne sont pas négligeables:

- Grâce au partage des informations permettant une intégration, les coûts de développement sont réduits.
- Nanopôle S.A. bénéficierait des expériences de travail de la concurrence des fournisseurs.
- L'état d'avancement des travaux de recherche dévoilerait une focalisation stratégique sur les activités principales à développer et les secteurs industriels intéressés.

Par contre des inconvénients incontournables sont à craindre :

- Les coûts de recherche d'un fournisseur seront pris en charge par Nanopôle S.A.

- La qualité du produit ne répondrait pas nécessairement aux attentes.
- Vu la complexité du système et l'interaction des partenaires du projet, le délai de réalisation pourrait s'allonger.

### b. Licence d'utilisation de l'invention (période fixe)

Définition : « *opportunité d'exploiter la propriété intellectuelle d'une autre entreprise en payant un droit de partage des profits.* »

Les avantages d'une telle action permettent :

- L'acquisition d'une nouvelle technologie.
- Une réduction notable des coûts d'invention.
- Un développement rapide et une introduction accélérée sur le marché.

Les inconvénients d'un tel contrat entraînent les conséquences suivantes :

- Contrats de licence limités (applications et marchés spécifiques, bénéfices d'améliorations ultérieures).
- Perte de contrôle sur les solutions opérationnelles (contrôle du prix, volumes de production, qualité du produit).
- Coûts de transaction (recherche d'un fournisseur, négociation, technologie adaptée).
- Barrières à l'entrée.
- Technologie pertinente et choix du fournisseur.
- Perte de contrôle dans la prise de décision.

### c. Consortium avec des PME étrangères (moyen terme)

Définition : « *recherche d'une collaboration entre différentes organisations avec un projet bien défini.* »

Les avantages du consortium se résument comme suit :

- Les coûts de recherche et les risques afférents sont répartis et partagés.

- Le financement partagé pour la réalisation d'expertises rares et l'investissement commun pour la conception d'équipements.
- Les analyses stratégiques de recherche pré-compétitives sont réalisées en commun.
- Des standards basés sur les résultats des recherches sont établis.

Les inconvénients sont au nombre de deux :

- Une partie des connaissances se perd
- Une différenciation future est difficile à réaliser

#### d. Alliance stratégique (période flexible)

Définition : « accord entre deux ou plusieurs entreprises pour développer une nouvelle technologie ou un nouveau produit. »

En général, ces alliances se concrétisent lorsque la phase de commercialisation d'un projet est proche, c'est-à-dire que :

- Les objectifs sont déterminés
- Un calendrier est établi
- La création d'une entreprise séparée est proscrite

Une telle alliance a l'avantage de faibles investissements et donne un accès au marché.

Les inconvénients susceptibles de se manifester sont : une perte de connaissance et d'éventuelles impasses. Il est donc recommandé de créer des alliances stratégiques flexibles aux stades de départ et aux stades incertains de la technologie

#### e. Joint venture (long terme)

Définition : « une joint venture est une nouvelle entreprise fondée par deux ou plusieurs organisations avec la propriété et le contrôle établi par l'actionnariat. Parfois, la joint venture n'est qu'une base contractuelle simple de collaboration. »

Ce type de contrat présente l'avantage de rassembler des compétences complémentaires et favorise une gestion dédiée.

Les inconvénients majeurs sont :

- Une stratégie dérivée. Dans ce cas, il est conseillé d'adapter la technologie aux standards des partenaires et de rester vigilant afin d'éviter une redondance pour les technologies émergentes (pas de standard établi).
- Une incompatibilité culturelle peut survenir dès lors qu'un partenaire essaie d'obtenir le contrôle en acquérant les autres collaborateurs ou en essayant de se lancer seul sur le marché.

Il est donc recommandé de concrétiser des joints venture à un stade plus mature, quand le marché et la technologie sont connus, et de limiter les alliances aux technologies tacites, coûteuses et lentes à développer.

#### f. Réseaux innovants (long terme)

Les réseaux innovants offrent l'avantage de communiquer, d'échanger, et de partager des connaissances acquises dans le réseau.

Toutefois, il faut craindre des instabilités et imperfections liées au réseau, des inefficiences statiques, un risque d'inertie ou de limitation de l'innovation.

#### *2.2.2 Participation à des projets européens de développement en nanotechnologies*

Collaborer avec d'autres centres de recherche sur de nouveaux projets européens liés au développement des nanotechnologies permettrait à Nanopôle S.A. de valoriser ses produits et accroître sa visibilité sur le continent.

De plus, coopérer avec des chercheurs établis dans un pays phare comme l'Allemagne serait avantageux. D'une part, les industriels allemands seraient moins réticents à l'idée de collaborer avec Nanopôle S.A. parce que l'entreprise serait alors plus connue et mieux considérée. D'autre part, il serait intéressant pour le consortium Nanotech de développer la ligne de production pour apprendre à produire de nouveaux types de nanopoudres ou encore d'approfondir leurs connaissances sur le processus d'intégration des nanopoudres dans des matériaux aussi divers que le plastique, le verre ou le métal.

Cette approche donnerait une valeur ajoutée à Nanopôle S.A. et à l'ensemble du projet, tout en ouvrant de nouvelles portes menant à l'exploration d'autres marchés et l'attraction de prospects supplémentaires.

## 2.3 Scénario pessimiste : l'arrêt des recherches

Au cas où aucun des scénarios détaillés ci-dessus n'aboutissait, la dernière issue laissée à la libre appréciation des membres du consortium serait la fermeture de l'entreprise, Nanopôle S.A. et l'arrêt du projet.

Entre autre, si l'entreprise ne parvient pas à commercialiser ses produits, ses équipements ou ses services ni à se hisser au niveau de ses concurrents en termes de performance et de rentabilité, plutôt que d'investir des fonds supplémentaires, il conviendrait de prendre acte du dépôt de bilan de l'entreprise, en concertation avec toutes les parties prenantes.

### *Remarques*

Néanmoins, au vu du nombre de possibilités laissées à Nanopôle S.A. pour aboutir aux objectifs recherchés, l'échéance de cette dernière étape est à repousser pour le moment.

## 3. Conclusion

Les résultats de la prospection réalisée, présentée sous forme d'enquête, nous ont permis d'établir un système de scorification des prospects potentiels et des collaborateurs éventuels. Cette classification est un outil de synthèse sur lequel Nanopôle S.A. pourra indubitablement se baser avant de reprendre contact avec ces organisations et ce, par ordre de priorité.

Trois scénarios stratégiques d'entreprises ont été retenus : optimiste (vente), médian (collaboration) et pessimiste (arrêt des recherches). Il est à noter que, à moyen terme, plusieurs scénarios peuvent être sélectionnés et mis en place en parallèle.

Le choix stratégique final revient à Nanopôle S.A.

# *Conclusion générale*

Les nanotechnologies constituent un concept complexe, sujet à de nombreuses recherches scientifiques, et dont la maîtrise est convoitée par de grands acteurs de l'industrie comme BASF, BAYER ou Terumo. Le marché des nanoparticules est en pleine expansion et les applications des nanotechnologies deviennent de plus en plus nombreuses, se retrouvant dans des secteurs d'activités très divers, tels que le pharmaceutique, l'informatique, l'aéronautique ou encore la défense. Le contexte révolutionnaire auquel est confronté le monde industriel le pousse à exploiter les opportunités que recèlent les technologies de pointe leur permettant de se positionner favorablement sur leur marché.

Ce mémoire-projet avait pour objectif principal de déterminer l'existence d'un marché potentiel pour les nanopoudres en Europe. Dans un premier temps, nous avons présenté l'entreprise responsable de la coordination du projet Nanotech, Nanopôle S.A., et défini les rôles de chaque société partenaire au sein du consortium pour fixer le cadre opérationnel d'investigation. Cette démarche nous a permis de décrire de manière chronologique les étapes de conception du processus de fabrication des nanopoudres en mettant en exergue les fonctions privilégiées des membres du consortium. Deuxièmement, nous avons réalisé une analyse stratégique externe de Nanopôle S.A. pour identifier la typologie des clients et des collaborateurs potentiels, la position des concurrents présents sur le marché, tout en considérant les facteurs d'influence environnementaux liés à la situation géopolitique et économique des pays cibles. L'analyse externe a mis en évidence le panel d'opportunités allouées à Nanopôle S.A. ainsi que les limites technologiques auxquelles est confrontée la méthode de fabrication par plasma. Parallèlement, l'analyse interne apporte un regard nouveau sur l'organisation structurelle du consortium avec pour mission de consolider les points forts d'un tel partenariat et d'en restreindre les contraintes. L'analyse stratégique nous a permis d'élaborer une stratégie de développement à l'exportation. Troisièmement, nous avons donc établi les bases d'une approche de marché efficace, en réalisant des supports de communication marketing à destination des prospects et en allant à leur rencontre au

cours d'événements de networking ou d'entrevues professionnelles en Belgique, en Allemagne, en Suède et en France, pour récolter des informations à la source et augmenter la visibilité de Nanopôle S.A. sur le marché.

Suite à l'étude qui a été menée auprès de quarante entreprises et centres de recherche européens, américains et asiatiques, nous avons pu observer que les organisations évoluant dans le secteur des nanotechnologies et se dressant face à Nanopôle S.A. étaient tantôt concurrentes, tantôt collaborantes, ce qui n'est pas un fait ordinaire. Dès lors, pour déterminer le profil des prospects, nous avons établi une liste de critères d'évaluation nous permettant de déceler leurs besoins en fonction de leurs attentes. Sur base des critères analysés, nous avons classé les organisations rencontrées en leur attribuant un score « élevé », « moyen » ou « faible », ce score correspondant au degré d'intérêt de la société ou du centre de recherche pour Nanopôle S.A.

Au cours de la rédaction de ce mémoire, pour faciliter la compréhension du sujet par le lecteur, nous avons tenté de retracer étape par étape la démarche de prospection qui nous a amené à aborder le marché des nanotechnologies. Nous sommes conscients que les critères choisis quoique pertinents, ne sont pas exhaustifs étant donné les circonstances dans lesquelles nous avons rencontrés les interlocuteurs à savoir des conférences ou des salons internationaux. Toutefois, les réponses ont été recueillies à la source et en vis-à-vis donc elles ne sont pas biaisées. Par ailleurs, l'échantillon n'est pas représentatif de toute la population des entreprises et centres de recherche européens car l'Allemagne est surreprésentée étant donné que la majorité des informations ont été récoltées dans ce pays.

Concernant les pistes d'opportunités ouvertes, des scénarios d'aide à la prise de décision ont été proposés à Nanopôle S.A., en fonction des priorités actuelles de la société. Le scénario optimiste reprend les possibilités de vente, que ce soit de l'outil de production, des nanopoudres, des services proposés par le consortium ou encore du procédé de fabrication. Le scénario médian propose deux concepts de collaboration, avec d'autres entreprises ou centres de recherche pour se lancer dans un projet européen relatif aux nanotechnologies. Au cas où les options précédentes n'aboutissaient pas, un scénario pessimiste prévoyant l'arrêt définitif du projet a été envisagé.

Néanmoins, nous sommes heureux de constater que cette option s'écarte peu à peu car des entreprises telles que Bayer ont déjà repris contact avec Nanopôle S.A. depuis la fin de la mission en Europe.

# Références bibliographiques

## A. Ouvrages et articles

D. De BACKER, P. DEMOLIN, A. CHAERELS, A. MAETERLINCK, B. MARCHAND, M. RIGO, S. WATELET, « *La création d'une société innovante* », Arthémis, 2012.

D. A. AAKER et D. McLOUGHLIN, « *Strategic market management* », New York (N.Y.), John Wiley & Sons, Ltd, 2007.

A. JOLIBERT et P. JOURDAN, « *Marketing Research – Méthodes de recherche et d'études en marketing* », Paris, Dunod, 2006.

S. DOSER, « *30 Minuten für interkulturelle Kompetenz* », Gabal, 2006.

E. FRANCKX, « *Le test de la majorité confirmée et son utilisation dans l'inférence statistique* », Bruxelles, p. 241-256, 1995.

G. T. DORAN. « *There's a S.M.A.R.T. way to write management's goals and objectives. Management Review* », Volume 70, Issue 11(AMA FORUM), p. 35-36, 1981.

## B. Documentation

A. CASTIAUX, Professeur aux Facultés Notre-Dame de la Paix, intitulé « *Innovation Management* » et dispensé au cours de l'année académique 2011-2012.

N. SINIGAGLIA, Professeur à l'Université Catholique de Louvain-Mons, cours intitulé « *Gestion de l'innovation technologique* », dispensé au cours de l'année académique 2010-2011.

S.GEORGE, « *Specification Sheet of nano powders (Confidential Document)* », Nanometric SiC, batch SiC-09-07-15-01-F2, LAB090805-02, Atmospheric RF Plasma, Sirris, 10/09/2009.

Extrait de l'acte de constitution de Nanopôle S.A. déposé le 13/12/07 au moniteur belge et paru le 21/12/2007.

Institut Von Karman, « *Prototype MARS* », 20120217\_supports\_presentation\_nanopole.pptx, 17/02/2012.

Cide, « *Business plan à la création: Nanopôle S.A.* », Liège, 2007.

Proposition de Technord Automation, « *recherche et développement pour le pilotage de l'unité de production de nanopoudres via modèle mathématique* », Liège, 2007.

### Rapports de mission :

- Rencontre B2B avec la délégation chinoise – 22 février 2012 (Bruxelles)
- Successful R&D in Europe : 4th European Networking Event – 8 et 9 mars 2012 (Düsseldorf)
- Réunion à Air Liquide – 29 mars 2012 (Paris)
- Réunion avec Dr Alexander Prenzel – 22 mars 2012 (Hambourg)
- Meeting with Gregor Schneider, technical sales manager at « rasmaterials » & head of business development at « rent a scientist » - 13th March 2012 (Regensburg)
- EuroExpo - 28 mars 2012 (Skelleftea)
- SüdTec – 14 et 15 mars 2012 (Stuttgart)
- Séminaire « Working with Germans » organisé par l'AHK debelux - 5 mars 2012 (Bruxelles)

### C. Références internet

Wallonia clusters, « *La Gouvernance des Pôles de Compétitivité* », <http://clusters.wallonie.be/federateur/fr/poles-de-competitivite/la-gouvernance/index.html>, site consulté le 31/08/2011.

Alexandre T. ANALIS, « *La Wallonie sort son plan Marshall* », <http://www.actu-cci.com/fr/Entreprises/Immobilier/La-Wallonie-sort-son-plan-Marshall>, Commerce International, site consulté le 31/08/2011.

StratiCELL, Board of directors, <http://www.straticell.com/company-profile/board-of-directors.html>, site consulté le 14/09/2011.

Pôle MécaTech, vidéo « *Projet Nanotech* », <http://www.polemecatech.be/en/film/nanotech.html>, consulté le 17/09/2011.

Institut de Rayonnement Matière de Saclay, unité du Centre d'Energie Atomique (France), [http://iramis.cea.fr/slic/Phoce/Vie\\_des\\_labos/Ast/ast.php?t=brevet&id\\_ast=1520](http://iramis.cea.fr/slic/Phoce/Vie_des_labos/Ast/ast.php?t=brevet&id_ast=1520), site consulté le 20/09/2011.

AWEX, Fiche pays, « *Echanges avec la Belgique* », site : <http://www.awex.be/fr-BE/Pages/Home.aspx>, site consulté le 5/02/2012.

Ducroire, « *Catégories de prime pour l'assurance des opérations d'exportation* », Evaluation du risque commercial et politique, [http://www.ducroiredelcredere.be/WebDucDel/Website.nsf/webfr/Country+risks\\_Explanation\(Visitors\)?OpenDocument](http://www.ducroiredelcredere.be/WebDucDel/Website.nsf/webfr/Country+risks_Explanation(Visitors)?OpenDocument), site consulté le 8/02/2012.

Organisation internationale de normalisation (ISO), « *ISO 9001 dans la chaîne d'approvisionnement* », hyperlien : <http://www.iso.org/iso/fr/9001supchain>, site consulté le 9/02/2012.

AWEX, spécialistes de marché, « Services géographiques », hyperlien : [http://www.awex.be/fr-BE/Contacts/Services\\_geographiques/Pages/RechercheContactExpertMarche.aspx](http://www.awex.be/fr-BE/Contacts/Services_geographiques/Pages/RechercheContactExpertMarche.aspx), site consulté le 10/10/2011.

J.SLMON, C.VANDECASSERIE, « *Integral installation for producing nanoparticles in controlled risk conditions* », brevet Nanopôle S.A., économie, espacenet patent search, 30/02/2007, hyperlien : [http://worldwide.espacenet.com/searchResults?locale=fr\\_be&LG=fr&IA=nanopole&sf=q&DB=EPODOC&PGS=15&ST=quick&CY=be](http://worldwide.espacenet.com/searchResults?locale=fr_be&LG=fr&IA=nanopole&sf=q&DB=EPODOC&PGS=15&ST=quick&CY=be), site consulté le 15/11/2011.

***Site des partenaires du projet Nanotech :***

- Unité IMAP de l'Université Catholique de Louvain : <http://www.imap.ucl.ac.be/>
- Institut Von Karman : <https://www.vki.ac.be/>
- Sirris : <http://www.sirris.be/homePage.aspx?LangType=1033>
- Aseptic Technologies : <http://www.aseptictech.com/aseptic/>
- General Metal Alloys INTL : <http://www.generalmetalalloys.be/>
- Industrial Robotics Automation SPRL : <http://www.ira.be/>
- Technord Automation S.A. : <http://www.technord.com/en/>
- Diarotech : <http://www.diarotech.com/fr/contact.php>
- Magotteaux S.A. : <http://www.magotteaux.com/>