

GUIDE DE RÉDACTION D'UN RAPPORT DE LABORATOIRE

Après la réalisation d'expériences en laboratoire les résultats doivent être communiqués.

Un **rapport de laboratoire** doit avoir une **présentation soignée**.

- Écrit à l'aide d'un logiciel de traitement de texte et doit garder la même mise en forme du début à la fin.
- Aéré par l'utilisation d'un paragraphe pour chaque idée. Un même tableau ou une même figure doit être sur une seule page. Évitez de laisser des espaces blancs.
- Écrit avec la police Arial (11 points) ou Times New Roman (12 points) avec un interligne de 1,15.
- Paginé, imprimé et agrafé.

Un **rapport de laboratoire** doit être écrit avec un **style scientifique**.

- Doit être objectif et sans opinion personnelle.
- Écrit dans un langage scientifique avec la bonne terminologie.
- Écrit à la troisième personne (pas de je, nous, on)
- Écrit avec des verbes conjugués au présent de l'indicatif (passé composé pour la méthode).

Un **rapport de laboratoire** contient généralement les principales sections suivantes et doit respecter les règles de présentation énoncées ci-après.

1. La page titre
2. L'introduction
3. Les mesures, les données et les résultats
4. Les calculs
5. Les graphiques (s'il y a lieu)
6. La discussion
7. La conclusion
8. La médiagraphie

1. LA PAGE TITRE

Les éléments suivants doivent apparaître sur la page de présentation.

Exemple 1 : Page de présentation

<p>NOM, Prénom NOM, Prénom (en ordre alphabétique)</p> <p>CHIMIE MISE À NIVEAU : 202-001-05 Groupe: _____</p> <p>MESURES DE VOLUME Expérience réalisée le 2 février 2013</p> <p>Travail présenté à NOM et prénom (professeur(e))</p> <p>Département de chimie Collège Lionel-Groulx 9 février 2013 (date de remise)</p>

2. L'INTRODUCTION

Le sujet amené

Il s'agit de la mise en contexte du sujet de votre rapport. Le sujet amené doit présenter la thématique d'un horizon plus général puis exposer le principal sujet du laboratoire. Longueur : maximum 2 phrases.

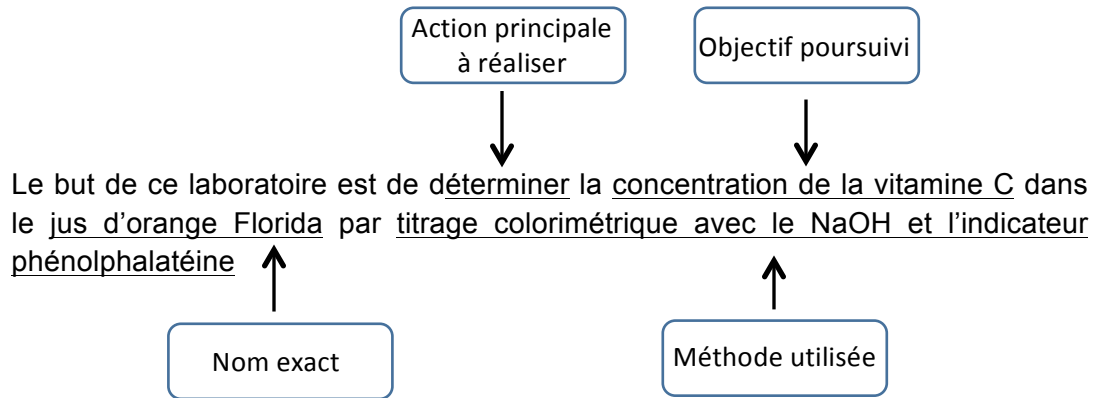
Les buts

Cette section se présente sous forme d'une phrase formulée dans vos propres mots. Pour être complet, le but doit contenir tous les éléments suivants :

- L'**action principale** à réaliser;
- L'**objectif** poursuivi;
- La **méthode** utilisée;
- Le **nom** exact et si nécessaire le numéro de chaque composé visé par l'action principale.

Il se peut qu'une expérience comporte plus d'un but. Dans un tel cas, chacun des buts doit être présenté par une phrase distincte.

Exemple 2 : Un but complet.



Les notions théoriques

Les notions théoriques sur lesquelles repose votre expérience y sont présentées. Il est inutile de recopier les informations contenues dans votre cahier de travaux pratiques. Une référence doit être citée pour chacune de vos affirmations. Dans cette partie vous devez assurer d'inclure les éléments suivants :

- Une explication des principes appliqués lors de l'expérience (se référer aux exigences de rédaction spécifiques à chaque laboratoire).
- Les équations chimiques ou mathématiques mises en jeu.

Longueur : maximum ½ page.

L'hypothèse (s'il y a lieu)

Votre hypothèse doit permettre de prédire un résultat. Énoncez l'hypothèse suivie de sa justification théorique (référence à l'appui). Il peut y avoir plus d'une hypothèse par laboratoire. Longueur : maximum 2 phrases.

3. LES MESURES, LES VALEURS DE RÉFÉRENCES ET LES RÉSULTATS

Il faut bien distinguer les éléments suivants lors de l'élaboration de vos tableaux :

- les **mesures** : les valeurs brutes obtenues en laboratoire;
- les **références**: les valeurs fournies par la professeure ou le professeur ainsi que certaines valeurs tirées de la littérature;
- les **résultats** : les valeurs obtenues suite au traitement des mesures.

Pour chacune des manipulations exécutées, on retrouve ici, s'il y a lieu et dans l'ordre : les tableaux des mesures, les tableaux des références et les tableaux des résultats.

UN TABLEAU DOIT ÊTRE PRÉSENTÉ AVEC LES ÉLÉMENTS SUIVANTS :

- un **numéro** de tableau;
- un **titre spécifique** décrivant le contenu du tableau et spécifiant le contexte expérimental (méthode, instruments utilisés, données expérimentales, etc.). Ne pas énumérer les titres de colonnes. Pour les tableaux des mesures, vous pouvez indiquer à quoi serviront les mesures. Le titre du tableau doit être placé au-dessus de celui-ci.
- des **titres de colonne** clairs et précis avec les unités. Les unités et les incertitudes qui se rapportent à plusieurs valeurs y sont mises sous le titre de colonne. Les mesures ou les résultats d'une même colonne doivent avoir les mêmes unités;
- toutes les mesures obtenues et les résultats calculés au cours de l'expérience doivent apparaître avec le **bon nombre de chiffres significatifs**.
- dans le cas où les incertitudes absolues ne sont pas communes à toutes les valeurs mesurées ou à tous les résultats calculés, les incertitudes sont inscrites à la suite de chacune des valeurs;
- si le tableau fait référence à un inconnu, il faut spécifier son numéro;
- une **légende** doit être présente si des abréviations (autres que celle acceptées dans le système international) sont utilisées ou encore si des informations supplémentaires sont pertinentes à mentionner;
- les mesures ou résultats uniques sont souvent présentés en-dessous du tableau. Toutefois, s'il n'y a que de ces derniers, on les regroupe dans un encadré en les disposant en lignes.

Exemple 3 : Tableau des mesures

Tableau 1 : Masses d'eau prélevées à l'aide de différents instruments de mesure de volume à une température de 20°C et pour un volume de 20 mL.

Instruments	m bécher	m bécher+eau
	± 0,001 g	± 0,001 g
Cylindre gradué	30,501	51,001
Burette	32,257	52,238

Exemple 4 : Tableau des résultats

Tableau 2 : Comparaison de l'exactitude entre deux instruments de mesures de volume à une température de 20°C.

Instruments	m H ₂ O	V H ₂ O ¹
	± 0,002 g	± 0,02 mL
Cylindre gradué	20,500	20,54
Burette	19,981	20,02

¹ ρ H₂O à 20°C = 0,998 ± 0,001 g/mL

4- CALCULS

Un exemple de chaque type de calcul exécuté doit être présenté. Vous devez rédiger les équations avec un éditeur d'équations.

LES CALCULS DOIVENT ÊTRE PRÉSENTÉS AVEC :

- un **numéro** d'exemple de calcul;
- un **titre** significatif en incluant une référence aux tableaux et figures d'où les valeurs proviennent entre parenthèses;
- l'**équation** utilisée;
- un **exemple numérique** en incluant les unités tout au long du calcul;
- une **réponse brute**, non arrondie;
- une **réponse finale** contenant toutes les unités, le bon nombre de chiffres significatifs et respectant les conventions d'écriture.

Exemple 5 : Calcul du volume d'eau expérimental et de son incertitude à partir de la masse d'eau mesurée avec le cylindre gradué à 20°C

1- Calcul de la masse d'eau mesurée avec le cylindre gradué et son incertitude (référence Tableau 1).

$$\begin{aligned} m_{\text{H}_2\text{O}} &= m_{\text{bêcher}_{\text{H}_2\text{O}}} - m_{\text{bêcher vide}} \\ &= 51,001 \text{ g} - 30,501 \text{ g} \\ &= 20,500 \text{ g} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Delta m_{\text{H}_2\text{O}} &= \Delta m_{\text{bêcher}_{\text{H}_2\text{O}}} + \Delta m_{\text{bêcher vide}} \\ &= 0,001 \text{ g} + 0,001 \text{ g} \\ &= 0,002 \text{ g} \end{aligned}$$

Écrire le résultat final (arrondir le résultat final en fonction de l'incertitude absolue);

$$m_{\text{H}_2\text{O}} \pm \Delta m_{\text{H}_2\text{O}} = (20,500 \pm 0,002) \text{ g}$$

2- Calcul du volume d'eau expérimental mesurée avec le cylindre gradué à 20°C et son incertitude (référence Tableau 2).

$$V_{\text{H}_2\text{O}} = \frac{m_{\text{H}_2\text{O}}}{\rho_{\text{H}_2\text{O}}} \quad \text{où } \rho_{\text{H}_2\text{O}} = 0,998 \pm 0,001 \text{ g/mL à } 20^\circ\text{C}$$

$$V_{\text{H}_2\text{O}} = \frac{20,500 \text{ g}}{0,998 \text{ g/mL}}$$

$$V_{\text{H}_2\text{O}} = 20,54108216 \text{ mL} \quad (\text{calcul intermédiaire, on conserve tous les chiffres})$$

$$\Delta V_{\text{H}_2\text{O}} = \left(\frac{\Delta m_{\text{H}_2\text{O}}}{m_{\text{H}_2\text{O}}} + \frac{\Delta \rho_{\text{H}_2\text{O}}}{\rho_{\text{H}_2\text{O}}} \right) \times V_{\text{H}_2\text{O}}$$

$$\Delta V_{\text{H}_2\text{O}} = \left(\frac{0,002 \text{ g}}{20,500 \text{ g}} + \frac{0,001 \text{ g/mL}}{0,998 \text{ g/mL}} \right) \times 20,54108216 \text{ mL}$$

$$\Delta V_{\text{H}_2\text{O}} = 0,022586254 \text{ mL}$$

Écrire le résultat final (arrondir le résultat final en fonction de l'incertitude absolue);

$$V_{\text{H}_2\text{O}} \pm \Delta V_{\text{H}_2\text{O}} = (20,54 \pm 0,02) \text{ mL}$$

5- GRAPHIQUES

Les variations de données quantitatives continues sont souvent illustrées par des graphiques en nuages de points. Ces graphiques servent à tracer une courbe qui permet, par interpolation ou grâce à l'équation mathématique de cette courbe de chercher des valeurs inconnues ou de visualiser la relation qui unit deux grandeurs. Un graphique doit être construit à l'aide d'un logiciel informatique. Le graphique doit occuper **au minimum** les deux-tiers de la page et être présenté en format paysage.

UN GRAPHIQUE DOIT COMPORTER LES ÉLÉMENTS SUIVANTS :

- un **numéro** de figure;
- un **titre** descriptif qui précise ce que le graphique représente ou qui indique ce que vous allez déterminer à partir de celui-ci (évitez l'utilisation des mots *en fonction de* ou *selon* dans un titre). Le titre doit être situé en-dessous de la figure;
- des **axes** clairement identifiés avec les unités;
- des **graduations** placées à intervalle régulier (bond de 1, 2, 5 ou 10) et suffisamment espacées;
- des **valeurs de graduations** affichées aux axes respectant l'incertitude des tableaux de valeurs; la règle veut que l'on exprime autant de chiffres après la virgule aux valeurs des axes que la valeur qui en porte le plus;
- les points correspondant aux **valeurs** expérimentales;
- le **tracé des valeurs** expérimentales (*seulement si aucune courbe de tendance n'est requise, voir la puce suivante*);
- le **tracé de la meilleure courbe** (courbe de tendance), celui-ci ne doit pas masquer les données ou les résultats expérimentaux;
- s'il y a lieu, **l'équation de la droite**
- s'il y a lieu, des **quadrillages**; principal et secondaire. Le quadrillage secondaire doit permettre d'évaluer le premier chiffre incertain d'une valeur.

S'il y a plusieurs courbes sur la même figure, soyez certains de bien les identifier par des couleurs ou des icônes différents et de grosseurs adéquates (3 à 5 points). Le tout doit être détaillé par une légende.

Des spécifications peuvent être ajoutées selon les exigences des professeures et des professeurs.

EXEMPLE 6 : Graphique selon les normes

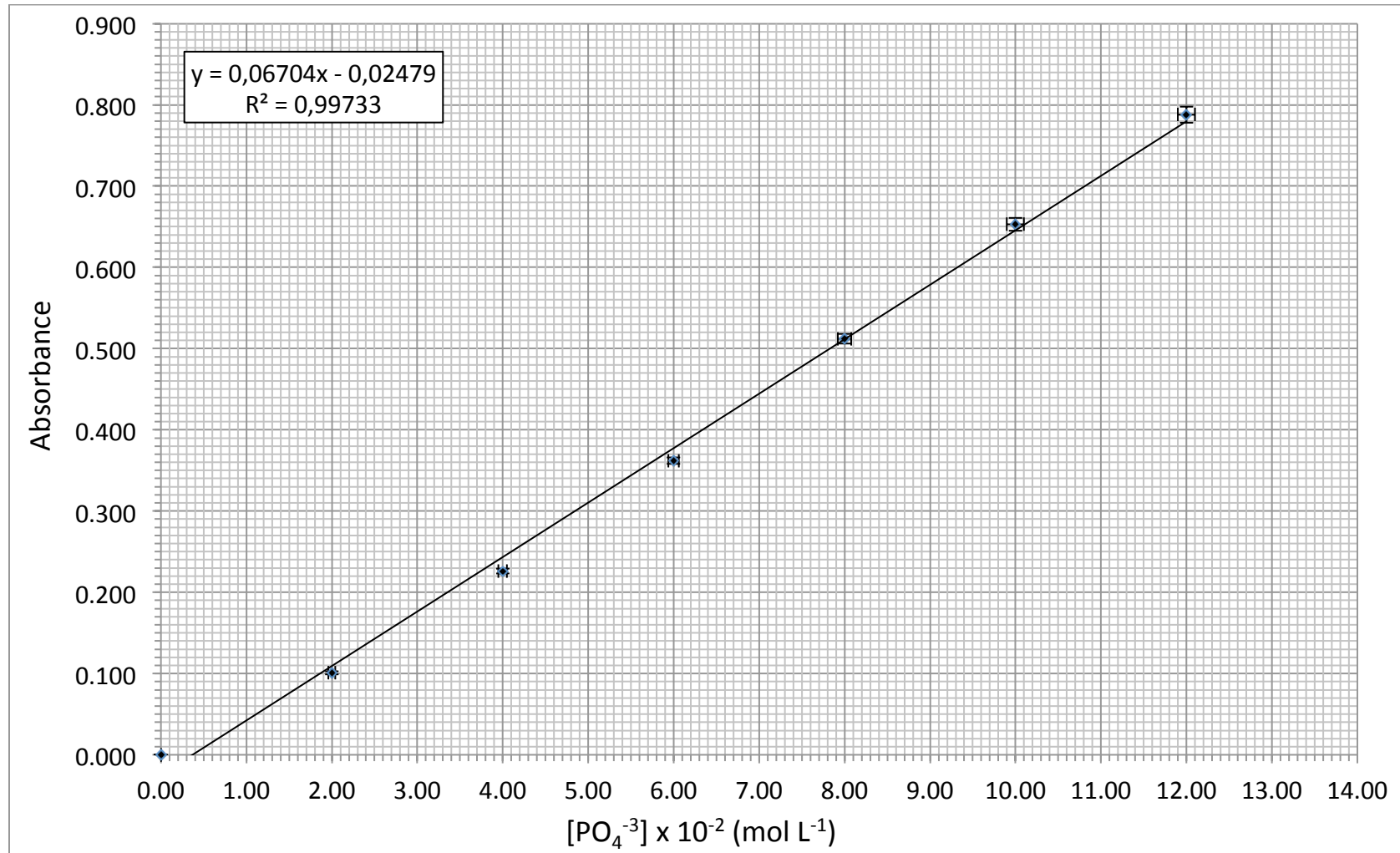


Figure 1 : Courbe d'étalonnage du dosage des phosphates dans les détergents commerciaux à l'aide d'un spectrophotomètre à 680 nm.

6- DISCUSSION

La discussion est le cœur du rapport de laboratoire. C'est au travers de celle-ci que vous démontrez la compréhension que vous avez de vos résultats ainsi que de la théorie associée au laboratoire. C'est un texte continu ayant un lien conducteur raisonné entre chaque paragraphe.

Dans la discussion, les mesures et les résultats principaux (valeurs théoriques, valeurs expérimentales, pourcentages d'écart, incertitudes relatives, etc.) sont présentés et analysés. Habituellement, les valeurs y sont comparées entre elles, ou avec des valeurs prévues selon un modèle ou encore avec des valeurs admises se trouvant dans des ouvrages de références (Handbook, bases de données, etc.). Il est alors important de référer aux tableaux appropriés.

Les divergences entre les résultats obtenus et les valeurs de référence sont expliquées en tentant de déterminer quels sont les éléments ayant occasionné ces erreurs. Il faut spécifier de quelles manières ces causes influencent les résultats et comment pallier à ces causes. Il faut statuer sur la validité des résultats (voir la section Validité des résultats à la page suivante) et de la méthode. Enfin, la discussion peut permettre une critique de la stratégie expérimentale et peut mener à des suggestions permettant d'améliorer l'expérience.

La discussion se conclut en rappelant les buts et les hypothèses, en indiquant s'ils ont été atteints ou si elles ont été validées. Elle se termine sur une ouverture concernant, par exemples, des améliorations au protocole, une continuité à l'expérience ou d'autres applications des méthodes utilisées.

Vous devez également vous assurer de traiter des points spécifiques à chaque laboratoire que vous retrouverez dans les sections *Exigences de rédaction* des différents protocoles.

LA VALIDITÉ DES RÉSULTATS

Lorsqu'une valeur admise est disponible, vous devez indiquer si votre résultat est valide. Pour qu'un résultat soit jugé valide, il doit être **précis ET exact**.

DÉTERMINER LA PRÉCISION

Un résultat est considéré précis lorsque l'incertitude relative (en %) est inférieure ou égale à 5,0%.

$$\text{incertitude relative en \%} \leq 5,0 \%$$

Par convention, on écrit l'incertitude relative en pourcentage avec deux chiffres significatifs.

DÉTERMINER L'EXACTITUDE

Pour déterminer l'exactitude, il y a deux méthodes à utiliser : le pourcentage d'écart et la technique de chevauchement des incertitudes. Votre résultat peut être jugé exact dès qu'une des deux techniques le confirme.

A. Le pourcentage d'écart

Un résultat est exact si son pourcentage d'écart par rapport à la valeur admise est plus petit ou égal à son incertitude relative en %.

$$\% \text{ d'écart} \leq \text{incertitude relative en \%}$$

Le pourcentage d'écart se calcule à partir de la formule suivante :

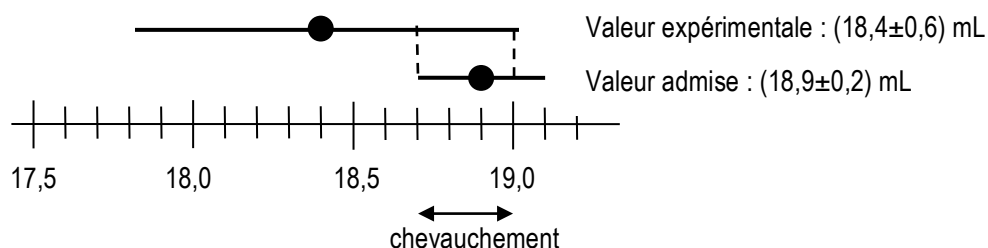
$$\text{Pourcentage d'écart} = \frac{|valeur\ expérimentale - valeur\ admise|}{valeur\ admise} \times 100\%$$

Par convention, on écrit le pourcentage d'écart avec 2 chiffres significatifs

B. La technique de chevauchement des incertitudes

La technique de chevauchement des incertitudes est une méthode graphique souvent utilisée pour illustrer l'exactitude d'un résultat expérimental en le comparant avec une valeur admise ou attendue.

L'exactitude d'un résultat est démontrée lorsque la valeur admise (incluant l'incertitude) est incluse à l'intérieur des limites induites par l'incertitude absolue de la valeur expérimentale. Ces limites sont obtenues en soustrayant et en additionnant l'incertitude absolue au résultat. Dès qu'il y a chevauchement des deux valeurs ou de leurs incertitudes, même en un seul point, le résultat est jugé exact.



Si la valeur admise ne possède pas d'incertitude absolue, le résultat est jugé exact si la valeur admise est incluse à l'intérieur des limites calculées à partir de la valeur expérimentale.

8- MÉDIAGRAPHIE

La médiagraphie est la partie du rapport qui regroupe les références complètes de tous les ouvrages dont on a tiré les éléments du laboratoire. Les références doivent être classées par ordre alphabétique des noms d'auteurs. Écrivez la référence complète en respectant méticuleusement les exemples suivants :

1. Livres

LAVOISIER, Antoine-Laurent. *Traité élémentaire de chimie*, 2^e éd., Paris, Hachette BNF, 2012, [1793], 372 p.



Année de
l'édition originale

2. Article de périodique

MICHAUD, Cécile. « Une éponge en carbone pour piéger les hydrocarbures ». *La Recherche*, no 437, janvier 2010, p.31.

3. Sites Internet

FUTURA-SCIENCES. *RMN, tout sur la résonance magnétique nucléaire*, [En ligne], 2014, [www.futura-sciences.com] (page consultée le 25 mai 2014).

Article de journal trouvé sur Internet :

DAOUST-BOIVERT, Amélie. «Un Nobel de chimie en couleurs », *Le Devoir*, 9 octobre 2008, [En ligne], <http://www.ledevoir.com/societe/science-et-technologie/209846/un-nobel-de-chimie-en-couleurs> (Page consultée le 25 mai 2014).

Encyclopédie en ligne :

SURZUR, Jean-Marie. «Synthèse chimique», *Encyclopædia Universalis*, [En ligne], <http://www.universalis.fr/encyclopedie/synthese-chimique/> (Page consultée le 25 mai 2014).

CHOIX DES SOURCES

Vérifiez toujours vos sources sur Internet. Sont-elles fiables ? S'agit-il d'un organisme gouvernemental, universitaire ou d'un centre de recherche scientifique réputé ?