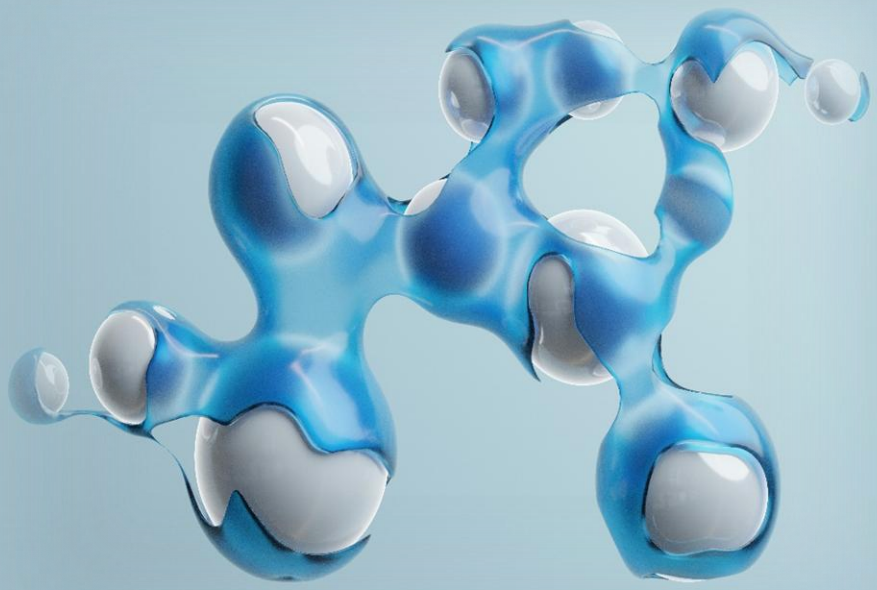
CHIMIE



CONFORME AU PROGRAMME NATIONAL

3è Année

EDITION 2025

Options humanités SCIENTIFIQUES



TABLE DE MATIERE

PRÉLIMINAIRES ET CADRE PÉDAGOGIQUE 1
0.1. Profil d'Entrée et Prérequis Académiques 1
- 0.1.1. Maîtrise de la Stœchiométrie et du Concept de Mole 1
- 0.1.2. Fondements de la Structure Atomique et des Liaisons 1
- 0.1.3. Aptitudes Mathématiques et Logiques 2

0.2. Compétences Terminales et Profil de Sortie 2
- 0.2.1. Expertise en Chimie Analytique et Environnementale 2
- 0.2.2. Maîtrise des Processus Métallurgiques Nationaux 2
- 0.2.3. Compréhension de l'Architecture du Vivant 3

0.3. Approche Méthodologique et Organisation 3
- 0.3.1. Le Principe de Contextualisation Permanente 3
- 0.3.2. La Dualité Théorie-Expérimentation 3
- 0.3.3. Progression Cognitive et Évaluation 4

0.4. Ressources Didactiques et Matérielles 4
- 0.4.1. Verrerie Volumétrique et Instruments de Mesure 4
- 0.4.2. Matériel de Modélisation et Supports Minéralogiques 5
- 0.4.3. Documentation et Outils Numériques 5

Chapitre 1 : Métrologie Chimique et Préparation des Solutions 8
1.1. Modes d'expression de la concentration (MSPC 5.1) 8
- 1.1.1. La Molarité ou Concentration Molaire 8
- 1.1.2. La Normalité ou Concentration Équivalente 10
- 1.1.3. La Molalité 10
- 1.1.4. La Fraction Molaire 12
- 1.1.5. Les Expressions de Concentration en Pourcentage 12
- 1.1.6. Conversions et Utilisation de la Densité 12

1.2. Principes et calculs de dilution (MSPC 5.2) 13
- 1.2.1. Loi de conservation de la matière 13
- 1.2.2. Protocole expérimental de dilution 13
- 1.2.3. Mélange de solutions de même nature 14

Ressources complémentaires 15
- Questions et Réponses 15
- Erreurs fréquentes 16

MURHULA BAZIKANGE M.
Directeur Editorial
+243 860 655 590

- Scénarios et Exercices 16

1.3. Préparation des solutions titrées par pesée (MSPC 5.3) 18

- 1.3.1. Détermination de la masse de soluté 18
- 1.3.2. Protocole de manipulation en fiole jaugée 19

1.4. Mélanges de solutions et réactions antagonistes (MSPC 5.2) 20

- 1.4.1. Réactions de neutralisation acido-basique 20
- 1.4.2. Réactions de précipitation 20
- 1.4.3. Bilan de matière et volume total 21

Ressources complémentaires 21

- Questions et Réponses 21
- Erreurs fréquentes 22
- Scénarios et Exercices 23

Chapitre 2 : Théories Acido-Basiques et Mesure du pH 26

2.1. Évolution des concepts acide-base (MSPC 5.4) 26

- 2.1.1. La Théorie d'Arrhenius : Les bases de l'ionisation 26
- 2.1.2. La Théorie de Brønsted-Lowry : Le transfert de protons 26
- 2.1.3. La Théorie de Lewis : L'approche électronique 27

2.2. pH des solutions d'électrolytes forts et faibles (MSPC 5.6) 29

- 2.2.1. Définition et échelle de pH 29
- 2.2.2. pH des acides et bases forts 29
- 2.2.3. pH des acides et bases faibles 31

Ressources complémentaires 31

- Questions et Réponses 31
- Erreurs fréquentes 32
- Scénarios et Exercices 33

2.3. Sels et réactions d'hydrolyse (MSPC 5.5, MSPC 5.7) 35

- 2.3.1. Classification des sels selon leur origine 35
- 2.3.2. Étude quantitative de l'hydrolyse 36

2.4. Solutions tampons et indicateurs colorés (MSPC 5.7) 36

- 2.4.1. Nature et fonctionnement des mélanges tampons 37
- 2.4.2. Importance biologique et industrielle 37
- 2.4.3. Les indicateurs colorés de pH 38

Ressources complémentaires 38

MURHULA BAZIKANGE M.
Directeur Editorial
+243 860 655 590

- Question et Reponses 38
- Erreurs fréquentes 39
- Scénarios et Exercices 40

Chapitre 3 : Équilibres de Solubilité et Précipitation 43

3.1. Notion de solubilité et saturation (MSPC 5.8) 43

- 3.1.1. Définition de la solubilité molaire et massique 43
- 3.1.2. Les différents états de saturation d'une solution 45
- 3.1.3. Facteurs influençant la solubilité 45

3.2. Le produit de solubilité (Kps) (MSPC 5.8) 47

- 3.2.1. Expression mathématique du Kps 47
- 3.2.2. Relation entre solubilité molaire (s) et Kps 47
- 3.2.3. Prédiction de la formation d'un précipité 48

Ressources complémentaires 49

- Question et Reponses 49
- Erreurs fréquentes 50
- Scénarios et Exercices 50

3.3. Facteurs influençant la solubilité (MSPC 5.8) 52

- 3.3.1. L'effet d'ion commun 52
- 3.3.2. L'influence du pH sur la solubilité 53
- 3.3.3. L'effet de complexation 53

3.4. Applications analytiques : Précipitation fractionnée 54

- 3.4.1. Principe de la précipitation sélective 54
- 3.4.2. Séparation des halogénures par l'argent 54
- 3.4.3. Analyse des eaux et purification industrielle 54

Ressources complémentaires 55

- Question et Reponses 55
- Erreurs fréquentes 56
- Scénarios et Exercices 56

Chapitre 4 : Principes Fondamentaux de la Métallurgie 63

4.1. Gisements et classification des minerais (MSPC 5.9) 63

- 4.1.1. Terminologie minière de base 63
- 4.1.2. Classification chimique des minerais 65
- 4.1.3. Répartition des ressources minières en RDC 65

4.2. Procédés de concentration et d'enrichissement (MSPC 5.9) 67
- 4.2.1. Préparation mécanique du minerai 67
- 4.2.2. Méthodes de séparation physique 67

Ressources complémentaires 68
- Question et Reponses 68
- Erreurs fréquentes 69
- Scénarios et Exercices 69

4.3. Voies thermiques : Pyrométallurgie (MSPC 5.9) 71
- 4.3.1. Le grillage des minerais sulfurés 72
- 4.3.2. La réduction des oxydes au carbone 72
- 4.3.3. Rôle des fondants et formation du laitier 73

4.4. Hydrométallurgie et Électrométallurgie (MSPC 5.9) 73
- 4.4.1. La lixiviation ou mise en solution 73
- 4.4.2. Purification et extraction par solvant 74
- 4.4.3. Électrolyse d'extraction : L'obtention du métal pur 74

Ressources complémentaires 75
- Question et Reponses 75
- Erreurs fréquentes 76
- Scénarios et Exercices 76

Chapitre 5 : Métaux Stratégiques de la Ceinture Cuprifère 79

5.1. Le Cuivre : Chimie et Industrie (MSPC 5.10) 79
- 5.1.1. Propriétés physico-chimiques du cuivre 79
- 5.1.2. Minéralogie et géologie au Katanga 81
- 5.1.3. Métallurgie spécifique et usages industriels 81

5.2. Le Cobalt : Le Métal de l'Avenir (MSPC 5.10) 83
- 5.2.1. Chimie et gîtologie du cobalt congolais 83
- 5.2.2. Procédés de séparation et de purification 83
- 5.2.3. Rôle dans la transition énergétique et technologie 84

Ressources complémentaires 84
- Question et Reponses 84
- Erreurs fréquentes 85
- Scénarios et Exercices 86

5.3. L'Uranium : Radioactivité et Énergie (MSPC 5.10) 88

MURHULA BAZIKANGE M.
Directeur Editorial
+243 860 655 590

- 5.3.1. Propriétés chimiques et nucléaires de l'uranium 88
- 5.3.2. Le cycle du combustible nucléaire 89
- 5.3.3. Applications et gestion environnementale 89

5.4. Le Zinc et le Plomb : Propriétés et Alliages (MSPC 5.10) 90

- 5.4.1. Le Zinc et la protection galvanique 90
- 5.4.2. Le Plomb : Densité et applications spécifiques 90
- 5.4.3. Les Alliages : Laiton et Bronze 91

Ressources complémentaires 92

- Question et Reponses 92
- Erreurs fréquentes 93
- Scénarios et Exercices 93

Chapitre 6 : Métaux Précieux et Minerais Spécifiques 96

6.1. L'Or : Chimie des métaux nobles (MSPC 5.10) 96

- 6.1.1. Propriétés Physico-Chimiques et Inertie 96
- 6.1.2. Extraction et Affinage de l'Or 98

6.2. Le Diamant : Carbone Cristallin (MSPC 5.12) 100

- 6.2.1. Structure Atomique et Allotropie 100
- 6.2.2. Origine Géologique et Classification 100

Ressources complémentaires 101

- Question et Reponses 101
- Erreurs fréquentes 102
- Scénarios et Exercices 103

6.3. Le Coltan : Tantale et Niobium (MSPC 5.11) 105

- 6.3.1. Nature chimique et minéralogique du coltan 105
- 6.3.2. Propriétés spécifiques du Tantale 105
- 6.3.3. Propriétés et usages du Niobium 106

6.4. Cassitérite et Étain (MSPC 5.10) 106

- 6.4.1. Extraction par réduction carbo-thermique 106
- 6.4.2. Alliages de soudure et électronique 107
- 6.4.3. Protection et conservation : Le fer-blanc 107

Ressources complémentaires 107

- Question et Reponses 107
- Erreurs fréquentes 108

- Scénarios et Exercices....109

Chapitre 7 : Stéréochimie et Architecture Moléculaire 114

7.1. Représentations spatiales des molécules (MSPC 5.14) 114

- 7.1.1. La représentation de Cram ou convention des coins volants....114
- 7.1.2. La projection de Newman 116
- 7.1.3. La projection de Fischer....116

7.2. Isomérie de conformation (MSPC 5.14) 118

- 7.2.1. Conformations des alcanes linéaires : Éthane et Butane 118
- 7.2.2. Conformations du cyclohexane....118

Ressources complémentaires....119

- Question et Reponses 119
- Erreurs fréquentes....120
- Scénarios et Exercices....121

7.3. Isomérie de configuration : Chiralité (MSPC 5.14) 123

- 7.3.1. Fondements de la chiralité....123
- 7.3.2. Le carbone asymétrique 124
- 7.3.3. Nomenclature R/S (Cahn-Ingold-Prelog) 124
- 7.3.4. Activité optique et mélanges racémiques 125

7.4. Diastéréoisomérie et Isomérie géométrique (MSPC 5.14)....125

- 7.4.1. Caractéristiques des diastéréoisomères....126
- 7.4.2. Isomérie géométrique Z/E 126
- 7.4.3. Influence de la géométrie sur les propriétés physiques....127

Ressources complémentaires....127

- Question et Reponses 127
- Erreurs fréquentes....128
- Scénarios et Exercices....129

Chapitre 8 : Les Glucides et les Lipides 132

8.1. Les Glucides : Structure et Classification (MSPC 5.13) 132

- 8.1.1. Les Monosaccharides ou Oses....132
- 8.1.2. Les Disaccharides et la Liaison Osidique 134
- 8.1.3. Les Polysaccharides : Amidon et Cellulose 134

8.2. Les Lipides : Acides gras et Triglycérides (MSPC 5.13)....136

- 8.2.1. Les Acides Gras : Saturés et Insaturés....136

- 8.2.2. Les Triglycérides : Structure et Propriétés....136

Ressources complémentaires....137

- Question et Reponses....137
- Erreurs fréquentes....138
- Scénarios et Exercices....139

8.3. Réactions chimiques des corps gras (MSPC 5.13)....141

- 8.3.1. La Saponification : De l'huile au savon....141
- 8.3.2. L'Hydrogénation : Le durcissement des corps gras....142
- 8.3.3. L'Oxydation : Le phénomène de rancissement....142

8.4. Applications énergétiques et industrielles (MSPC 5.13)....143

- 8.4.1. Le Biodiesel : La valorisation de l'huile de palme....143
- 8.4.2. Le Bioéthanol : La chimie de la fermentation....143

Ressources complémentaires....144

- Question et Reponses....144
- Erreurs fréquentes....145
- Scénarios et Exercices....146

Chapitre 9 : Les Protides et la Valorisation des Substances Naturelles....149

9.1. Les Acides Aminés : Briques du vivant (MSPC 5.13)....149

- 9.1.1. Structure générale et Chiralité....149
- 9.1.2. Propriétés acido-basiques et Zwitterion....151
- 9.1.3. Classification et Enjeux nutritionnels en RDC....151

9.2. La Liaison Peptidique et les Protéines (MSPC 5.13)....153

- 9.2.1. Mécanisme de formation de la liaison peptidique....153
- 9.2.2. Niveaux d'organisation structurale....153
- 9.2.3. Relation structure-fonction et exemples biologiques....154

Ressources complémentaires....154

- Question et Reponses....154
- Erreurs fréquentes....155
- Scénarios et Exercices....156

9.3. Propriétés et Dénaturation des Protéines (MSPC 5.13)....158

- 9.3.1. Les facteurs de dénaturation....158
- 9.3.2. Conséquences et applications pratiques....159
- 9.3.3. Réactions d'identification des protéines....159

9.4. Extraction et Analyse des Substances Naturelles 160
- 9.4.1. Principes de l'extraction végétale 160
- 9.4.2. Valorisation des plantes médicinales congolaises 161
- 9.4.3. Perspectives de la recherche locale 161

Ressources complémentaires 161
- Question et Reponses 161
- Erreurs fréquentes 162
- Scénarios et Exercices 163

ANNEXES ..... a

ANNEXES ..... a

A.1. Constantes Physico-Chimiques i
- A.1.1. Produits de Solubilité (Kps) à $25 \circ C$ i
- A.1.2. Constantes d'Acidité (Ka et pKa) à $25 \circ C$ i
- A.1.3. Potentiels Standards de Réduction ($E \circ$) ii

A.2. Nomenclature Chimique IUPAC ii
- A.2.1. Nomenclature de la Chimie Inorganique iii
- A.2.2. Nomenclature de la Chimie Organique iii

Ressources complémentaires iv
- Questions et Réponses iv
- Erreurs fréquentes v
- Scénarios et Exercices vi

A.4. Guide de Sécurité au Laboratoire viii
- A.4.1. Pictogrammes de danger (Système Général Harmonisé) viii
- A.4.2. Phrases de Risque et de Sécurité ix
- A.4.3. Protocoles d'intervention d'urgence ix

A.5. Tableaux de Données Nutritionnelles Locales x
- A.5.1. Composition des aliments de base amylacés x
- A.5.2. Valeurs nutritives des sources de protéines locales xi
- A.5.3. Synthèse énergétique globale xi

Ressources complémentaires xii
- Question et Reponses xii
- Erreurs fréquentes xiii
- Scénarios et Exercices xiii



PRÉLIMINAIRES ET CADRE PÉDAGOGIQUE

0.1. Profil d'Entrée et Prérequis Académiques

L'accès au programme de chimie de la troisième année des humanités scientifiques représente une transition majeure dans le parcours de l'élève en République Démocratique du Congo. À ce stade, l'apprenant n'est plus un simple observateur des phénomènes naturels, mais devient un analyste capable de modéliser la transformation de la matière. La réussite dans cette discipline exige une base solide acquise lors des deux premières années du cycle des humanités, où les concepts fondamentaux ont été introduits.

0.1.1. Maîtrise de la Stœchiométrie et du Concept de Mole

Le concept de mole constitue la pierre angulaire de toute la chimie quantitative abordée dans ce manuel. L'élève doit être capable de convertir avec aisance des masses en quantités de matière et inversement, en utilisant la constante d'Avogadro ($6{,}022 \cdot 10^{23}$ mol^{-1}) et les masses atomiques relatives. La compréhension des rapports stœchiométriques dans une équation chimique équilibrée est indispensable. Sans cette compétence, l'étude des solutions aqueuses et des titrages volumétriques resterait purement théorique et dénuée de sens pratique.

0.1.2. Fondements de la Structure Atomique et des Liaisons

Une connaissance approfondie de la configuration électronique des éléments est impérative. L'élève doit comprendre comment la disposition des électrons de valence dicte la réactivité chimique et la formation des liaisons covalentes ou ioniques. Cette compréhension microscopique est le seul moyen d'appréhender plus tard la stéréochimie des molécules organiques complexes. La familiarité avec le tableau périodique de Mendeleïev permet également d'anticiper les propriétés des métaux stratégiques que nous étudierons dans le module de métallurgie.

0.1.3. Aptitudes Mathématiques et Logiques

La chimie de ce niveau intègre des outils mathématiques plus élaborés. La manipulation des logarithmes décimaux est requise pour la mesure du pH, tandis que la résolution d'équations du premier et second degré intervient dans les calculs d'équilibres ioniques. L'élève doit faire preuve d'une rigueur logique exemplaire pour mener à bien des raisonnements déductifs, partant d'une loi générale pour expliquer un cas expérimental précis observé au laboratoire.

0.2. Compétences Terminales et Profil de Sortie

Le programme vise à former des citoyens scientifiquement alphabétisés et techniquement compétents, capables de contribuer au développement industriel et sanitaire de la nation. Le profil de sortie d'un élève de troisième scientifique se définit par sa capacité à mobiliser des savoirs complexes pour résoudre des situations concrètes liées aux réalités géographiques et économiques de la RDC.

0.2.1. Expertise en Chimie Analytique et Environnementale

Au terme de sa formation, le lauréat sera capable de préparer des solutions de concentrations rigoureuses et de réaliser des dosages volumétriques avec précision. Cette compétence lui permet d'évaluer la qualité de l'eau potable, de mesurer l'acidité des sols agricoles pour optimiser les rendements au Bandundu ou au Bas-Uélé, et de contrôler la conformité des produits alimentaires. Il devient un acteur vigilant de la protection de l'environnement, capable de quantifier la pollution ionique ou acide dans les écosystèmes fragiles du bassin du fleuve Congo.

0.2.2. Maîtrise des Processus Métallurgiques Nationaux

L'élève possédera une compréhension intégrée des chaînes de valeur minérales. Il saura expliquer les mécanismes chimiques de lixiviation, de flottation et d'électrolyse qui transforment les minerais du Katanga en cathodes de cuivre ou en sels de cobalt. Cette compétence dépasse le cadre scolaire pour s'inscrire dans une vision patriotique de la valorisation de nos

ressources naturelles, préparant l'élève à devenir un futur cadre technique ou ingénieur au sein des grandes entreprises minières du pays.

0.2.3. Compréhension de l'Architecture du Vivant

Le profil de sortie inclut une maîtrise de la chimie organique spatiale et des biomolécules. L'apprenant saura corréler la structure d'un glucide, d'un lipide ou d'une protéine à sa fonction métabolique. Cette compétence est le socle indispensable pour ceux qui se dirigent vers les carrières médicales, pharmaceutiques ou agronomiques. L'élève quitte le cycle secondaire avec une vision claire de la chimie comme étant la science centrale reliant la géologie profonde à la biologie cellulaire.

0.3. Approche Méthodologique et Organisation

L'enseignement de la chimie en troisième année scientifique repose sur l'Approche par Compétences (APC). Cette méthodologie place l'élève au centre de son apprentissage, transformant l'enseignant en un facilitateur et un guide. L'objectif est d'éviter l'accumulation passive de savoirs encyclopédiques au profit d'une capacité réelle à agir et à transformer la matière.

0.3.1. Le Principe de Contextualisation Permanente

Chaque concept chimique est introduit par une situation-problème issue du quotidien congolais. L'étude des acides et des bases commence par l'analyse des sols ou des fruits locaux, tandis que l'oxydoréduction est introduite par les défis de la corrosion des infrastructures ou l'extraction minière. Cette ancrage dans le réel garantit une motivation intrinsèque de l'élève, qui perçoit immédiatement l'utilité sociale et économique de la science qu'il étudie.

0.3.2. La Dualité Théorie-Expérimentation

Le cours est structuré de manière à ce que la manipulation en laboratoire ne soit pas une simple illustration, mais le point de départ ou le point de validation de la théorie. L'élève doit pratiquer la chimie pour la comprendre. L'organisation des séquences d'apprentissage privilégie la démarche

scientifique : observation, formulation d'hypothèses, expérimentation, collecte de données et conclusion. Cette méthode instille la rigueur expérimentale et l'honnêteté intellectuelle nécessaires à tout futur chercheur.

0.3.3. Progression Cognitive et Évaluation

La progression respecte une hiérarchie logique stricte, allant de la métrologie simple vers les équilibres chimiques complexes. L'évaluation est continue et formative. Elle ne se limite pas à la vérification des connaissances mémorisées, mais teste la capacité de l'élève à transférer ses acquis dans des contextes nouveaux. Les épreuves exigent souvent la rédaction de protocoles, l'analyse de graphiques et la justification de choix techniques lors de résolutions de problèmes industriels ou sanitaires.

0.4. Ressources Didactiques et Matérielles

La mise en œuvre de ce programme exige un environnement technique approprié pour transformer la salle de classe en un véritable laboratoire de recherche. La qualité des ressources matérielles influence directement la précision des résultats expérimentaux et la sécurité des manipulateurs.

0.4.1. Verrerie Volumétrique et Instruments de Mesure

La précision est le maître-mot de la métrologie chimique. Pour les travaux de préparation de solutions et de titrage, le laboratoire doit disposer de l'équipement suivant :

- Pipettes jaugées et burettes graduées de haute précision pour les dosages.
- Fioles jaugées de volumes variés (100 mL, 250 mL, 500 mL) pour les dilutions.
- Balances analytiques capables de mesurer au milligramme près.
- pH-mètres électroniques étalonnés et papier indicateur universel.
- Dispositifs de chauffage sécurisés (chauffe-ballons ou plaques chauffantes).

0.4.2. Matériel de Modélisation et Supports Minéralogiques

Pour pallier l'abstraction de la chimie organique et de la minéralogie, des supports visuels et tactiles sont indispensables. L'utilisation de boîtes de modèles moléculaires permet à l'élève de manipuler physiquement les atomes et de visualiser la chiralité ou les conformations spatiales. Parallèlement, une collection de minerais représentatifs de la RDC (malachite, hétérogénite, cassitérite, coltan) doit être disponible pour que l'élève puisse lier l'aspect macroscopique du minerai à sa composition chimique microscopique.

0.4.3. Documentation et Outils Numériques

Outre ce manuel, l'accès à des tables de constantes physico-chimiques actualisées et à des logiciels de simulation moléculaire enrichit l'expérience pédagogique. Les outils numériques permettent de visualiser des réactions dangereuses ou trop lentes à réaliser en classe, offrant ainsi une extension virtuelle au laboratoire physique. L'enseignant veillera à ce que ces ressources soient utilisées pour renforcer la compréhension conceptuelle et non pour se substituer à la manipulation réelle des produits chimiques.

Éditions Donel C.
Direction Éditoriale et Conception Générale :
MURHULA BAZIKANGE M.
Pour contacts, mon site web :
https://murhulabazikange.com/

© 2025, Donel Consulting, Kin. RDC
Tous droits réservés.

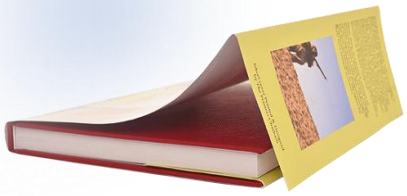
Pour l'excellence de l'éducation en RDC,
Tous les manuels scolaires en un seul endroit,
sur ce site web :
https://manuels-scolaires-rdc.com/

Pour plus de détails, scannez ceci :

PARTIE I

CHIMIE DES SOLUTIONS ET ÉQUILIBRES IONIQUES \

Cette première section pose les fondements de la chimie analytique quantitative. Elle explore la dynamique des solutés en phase aqueuse, depuis la préparation rigoureuse des solutions jusqu'à l'étude approfondie des interactions ioniques. L'élève y acquiert les outils mathématiques et conceptuels nécessaires pour maîtriser la concentration, le pH et la solubilité, des notions omniprésentes dans les domaines pharmaceutique, environnemental et industriel.



Chapitre 1 : Métrologie Chimique et Préparation des Solutions

1.1. Modes d'expression de la concentration (MSPC 5.1)

La chimie quantitative repose sur la capacité du chimiste à mesurer avec précision la quantité de matière présente dans un volume donné. Une solution se définit comme un mélange homogène résultant de la dissolution d'une substance, le soluté, dans un liquide prédominant, le solvant. La concentration exprime le rapport entre la quantité de soluté et la quantité totale de solution ou de solvant. Cette section traite des unités fondamentales utilisées dans les laboratoires et les industries de la République Démocratique du Congo pour garantir la précision des dosages.

1.1.1. La Molarité ou Concentration Molaire

La molarité constitue l'unité de concentration la plus fréquente dans les programmes de chimie des humanités scientifiques. Elle définit le nombre de moles de soluté contenues dans un litre de solution. Ce mode d'expression facilite le passage entre le monde macroscopique des pesées et le monde microscopique des réactions chimiques, car il lie directement le volume mesuré au nombre de molécules ou d'ions réagissants.

Définition mathématique et unités

La concentration molaire, notée C ou M, se calcule en divisant la quantité de matière n par le volume total V de la solution exprimé en litres. La formule fondamentale s'énonce ainsi :

$$C = \frac{n}{V}$$

Les variables de cette équation correspondent aux grandeurs suivantes :

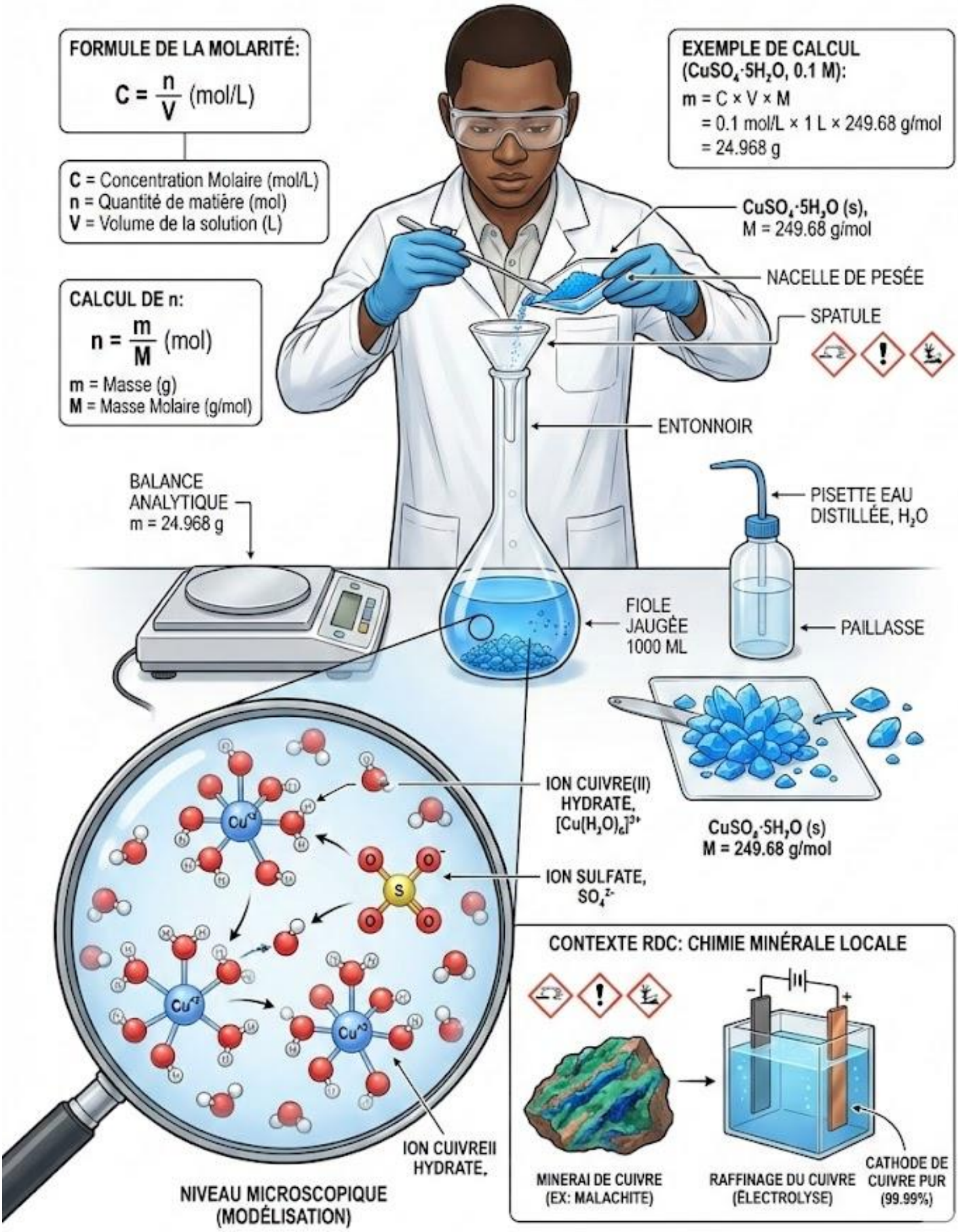
- C est la concentration molaire exprimée en moles par litre (mol/L).
- n est la quantité de matière en moles (mol).
- V est le volume de la solution en litres (L).

Lorsque le soluté est pesé sous forme solide, la quantité de matière n est obtenue par le rapport de la masse m sur la masse molaire M_{mol}. L'expression devient alors :

$$C = \frac{m}{M_{mol} \cdot V}$$

CHAPITRE 1: MÉTROLOGIE CHIMIQUE ET PRÉPARATION DES SOLUTIONS
- 1.1.1. LA MOLARITÉ OU CONCENTRATION MOLAIRE

Modes d'expression de la concentration (MSPC 5.1) – République Démocratique du Congo



1.1.2. La Normalité ou Concentration Équivalente

La normalité est une unité spécifique utilisée principalement dans les titrages acido-basiques et d'oxydoréduction. Elle exprime le nombre d'équivalents-grammes de soluté par litre de solution. Un équivalent-gramme représente la quantité de substance capable de libérer ou de capter une mole de particules actives, telles que les ions H^+, les ions OH^- ou les électrons.

Relation entre Normalité et Molarité

La normalité N est liée à la molarité C par un facteur de valence z, qui dépend de la nature de la réaction chimique considérée. La formule de conversion est la suivante :

$$N = C \cdot z$$

La valeur de z se détermine selon les règles suivantes :

- Pour un acide, z correspond au nombre de protons H^+ libérables.
- Pour une base, z correspond au nombre d'ions OH^- libérables.
- Pour un sel, z représente la charge totale des cations ou des anions.
- Pour un oxydant ou un réducteur, z est le nombre d'électrons échangés.

1.1.3. La Molalité

La molalité se distingue de la molarité par son indépendance vis-à-vis des variations de température. Alors que le volume d'un liquide change avec la chaleur, la masse reste constante. La molalité définit le nombre de moles de soluté contenues dans un kilogramme de solvant pur.

Expression de la molalité

On note la molalité par la lettre m et elle se calcule selon la relation :

$$m = \frac{n_{soluté}}{m_{solvant}(kg)}$$

Cette unité est indispensable pour l'étude des propriétés colligatives des solutions, comme l'élévation de la température d'ébullition ou l'abaissement du point de congélation.

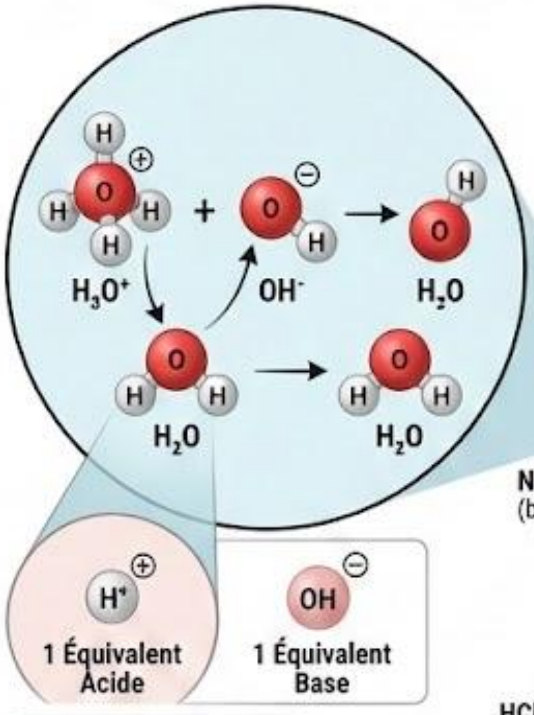
LES UNITÉS DE CONCENTRATION : NORMALITÉ & MOLALITÉ

LA NORMALITÉ (N) OU CONCENTRATION ÉQUIVALENTE

$$N = \frac{\text{Équivalents-grammes de soluté}}{\text{Volume de solution (L)}}$$

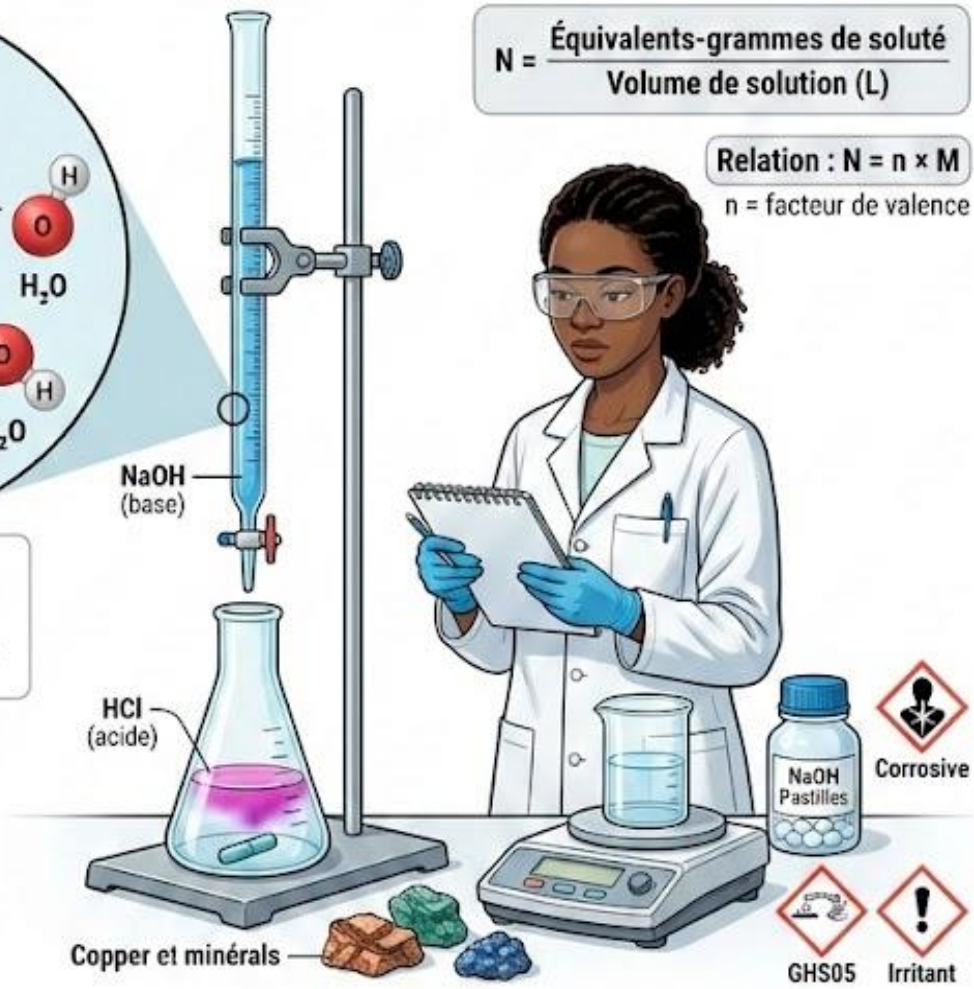
Relation : N = n × M

n = facteur de valence



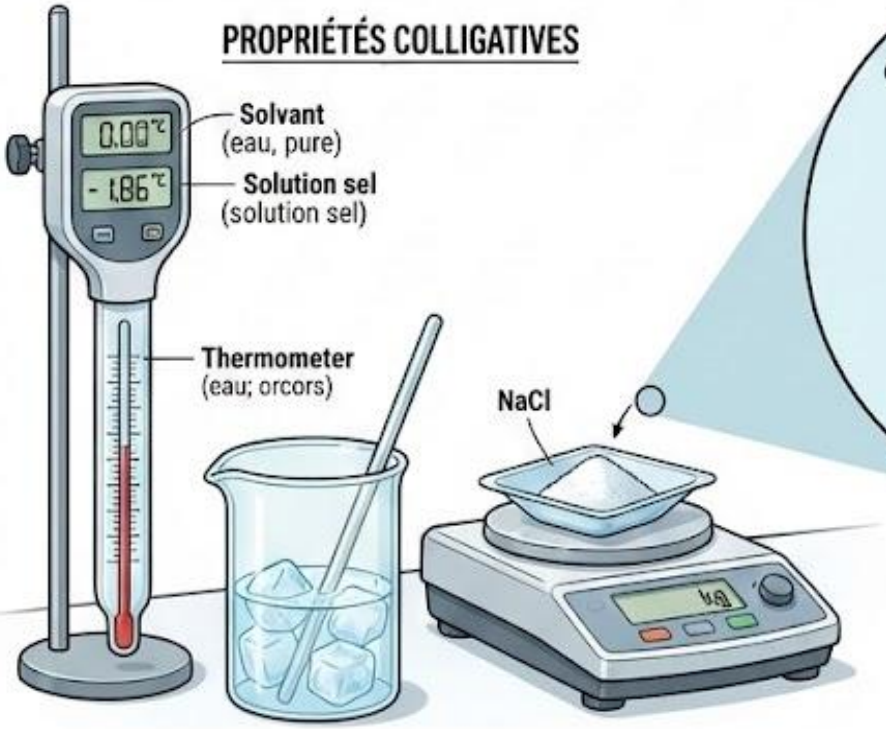
Relation : N = n × M

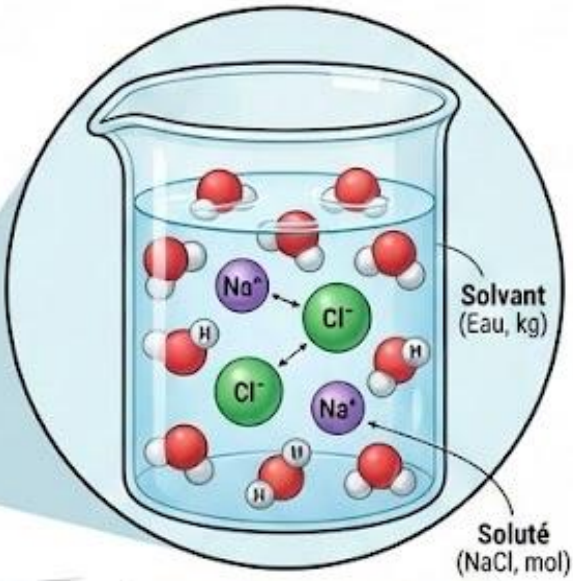
- **n** = facteur de valence
- **n** :
  - pour le mosr **acides** (H^+)
  - pour le mosr **bases** (OH^-)
  - pour le mosr **salzes** (charge)
  - pour le mosr **redox** (e^-)



LA MOLALITÉ (m)

PROPRIÉTÉS COLLIGATIVES





$$m = \frac{\text{moles de soluté}}{\text{masse de solvant (kg)}}$$

- Indépendante de la température
- Utilisée pour les propriétés colligatives (ex: point de congélation)

1.1.4. La Fraction Molaire

La fraction molaire représente la proportion d'un constituant au sein d'un mélange, exprimée en termes de quantité de matière. C'est une grandeur sans unité dont la valeur est toujours comprise entre 0 et 1. La somme des fractions molaires de tous les constituants d'une solution est impérativement égale à l'unité.

Calcul de la fraction molaire

Pour un constituant A dans un mélange contenant également un constituant B, la fraction molaire X_A est définie par :

$$X_A = \frac{n_A}{n_A + n_B}$$

Cette notion est particulièrement utile lors de l'étude des pressions partielles dans les mélanges gazeux, comme les gaz volcaniques émis dans la région du Nord-Kivu.

1.1.5. Les Expressions de Concentration en Pourcentage

Dans le secteur industriel congolais, notamment dans les usines de production de boissons à Kinshasa ou les raffineries de Boma, les concentrations sont souvent exprimées en pourcentages. Ces unités indiquent la part du soluté dans cent parties de solution.

Pourcentage Massique et Volumique

Le pourcentage massique ($\%m/m$) indique la masse de soluté en grammes présente dans 100 grammes de solution. Le pourcentage volumique ($\%V/V$), quant à lui, indique le volume de soluté pour 100 unités de volume de solution. Enfin, le pourcentage masse/volume ($\%m/V$) précise la masse de soluté dans 100 millilitres de solution.

1.1.6. Conversions et Utilisation de la Densité

Le passage d'une unité commerciale, souvent exprimée en pourcentage massique, à une unité de laboratoire comme la molarité nécessite l'utilisation de la densité de la solution. La densité ρ permet d'établir le lien entre le volume et la masse de la solution totale.

Formule de passage du pourcentage à la molarité

Pour calculer la molarité C à partir du pourcentage massique $P\%$, de la densité d et de la masse molaire M_{mol}, on applique la relation :

$$C = \frac{P\% \cdot d \cdot 10}{M_{mol}}$$

1.2. Principes et calculs de dilution (MSPC 5.2)

La dilution est une opération courante au laboratoire consistant à diminuer la concentration d'une solution par l'ajout de solvant supplémentaire. Cette technique permet de préparer des solutions de travail précises à partir de solutions mères hautement concentrées, telles que l'acide sulfurique ou l'acide chlorhydrique vendus dans le commerce.

1.2.1. Loi de conservation de la matière

Le principe fondamental de la dilution repose sur la conservation de la quantité de soluté. L'ajout de solvant modifie le volume total et la concentration, mais le nombre de moles de soluté reste strictement identique entre l'état initial et l'état final.

Équation de dilution

Si l'on note C_1 et V_1 la concentration et le volume de la solution mère, et C_2, V_2 ceux de la solution fille obtenue après dilution, l'égalité suivante est vérifiée :

$$C_1 \cdot V_1 = C_2 \cdot V_2$$

Le volume de solvant à ajouter pour réaliser la dilution se calcule par la différence entre le volume final et le volume initial :

$$V_{solvant} = V_2 - V_1$$

1.2.2. Protocole expérimental de dilution

La réalisation d'une dilution exige une rigueur méthodologique pour garantir la précision de la concentration finale. L'usage de la verrerie jaugée est indispensable pour minimiser les erreurs de mesure.

Étapes de préparation

La procédure standard suit un enchaînement logique :

- Le prélèvement du volume précis de solution mère s'effectue à l'aide d'une pipette jaugée munie d'une propipette.
- Le transfert du liquide se fait dans un ballon jaugé de volume correspondant au volume final souhaité.
- L'ajout du solvant s'arrête initialement avant le trait de jauge pour permettre une homogénéisation par agitation.
- Le complément du volume jusqu'au trait de jauge se réalise goutte à goutte pour éviter tout dépassement.

Dans le cas des acides concentrés, il est impératif de verser l'acide dans l'eau et non l'inverse. Cette précaution évite les projections dangereuses causées par la réaction fortement exothermique entre l'acide et l'eau.

1.2.3. Mélange de solutions de même nature

Lorsque deux solutions contenant le même soluté mais à des concentrations différentes sont mélangées, la concentration finale résulte de l'addition des quantités de matière et des volumes de chaque composant. La concentration du mélange C_m s'obtient par la somme des moles divisée par la somme des volumes.

Calcul de la concentration du mélange

La formule générale pour deux solutions est :

$$C_m = \frac{(C_1 \cdot V_1) + (C_2 \cdot V_2)}{V_1 + V_2}$$

Cette méthode est fréquemment appliquée dans les industries agroalimentaires pour ajuster la teneur en composants spécifiques dans les cuves de mélange.

Ressources complémentaires

Questions et Réponses

Quelle est la différence fondamentale entre la molarité et la molalité ?

La molarité exprime la quantité de soluté par litre de solution, ce qui la rend dépendante des variations de température car le volume des liquides se modifie avec la chaleur. La molalité exprime cette même quantité par kilogramme de solvant, offrant une valeur stable quelle que soit la température du laboratoire.

Pourquoi la normalité est-elle considérée comme une unité relative à la réaction ?

La normalité d'une solution peut varier pour un même soluté selon la réaction chimique engagée. Par exemple, un acide diprotique comme l'acide sulfurique aura une normalité double de sa molarité s'il libère ses deux protons, mais cette valeur changera s'il ne participe qu'à une réaction partielle.

Comment choisir entre une pipette jaugée et une éprouvette graduée pour une dilution ?

La pipette jaugée offre une précision nettement supérieure pour mesurer un volume fixe, indispensable pour les calculs analytiques rigoureux. L'éprouvette graduée est réservée aux mesures nécessitant moins de précision ou pour l'ajout de volumes de solvant où une légère variation n'impacte pas le résultat final.

Quel rôle joue la densité dans la préparation des solutions à partir de produits commerciaux ?

La densité permet de convertir le volume d'une solution concentrée liquide en masse, ou inversement. Comme les acides commerciaux sont vendus avec une indication de pureté en pourcentage massique, la densité est l'outil mathématique qui permet de déterminer combien de moles de soluté sont présentes dans un millilitre de produit brut.

Erreurs fréquentes

1. **Confusion entre volume de solvant et volume final** : De nombreux élèves ajoutent le volume final de solvant au volume initial de soluté. Cette erreur néglige le volume occupé par le soluté lui-même, conduisant à une solution plus diluée que prévu. Il faut toujours compléter "jusqu'au" trait de jauge.
2. **Omission du facteur de valence lors du calcul de la normalité** : L'oubli du nombre d'ions H^+ ou OH^- libérés par molécule conduit à une erreur proportionnelle à la valence du composé. Il est crucial d'identifier la formule chimique exacte avant tout calcul.
3. **Erreur de lecture du ménisque** : Une lecture au-dessus ou en dessous de la courbe formée par le liquide dans la verrerie fausse le volume. La base du ménisque doit être exactement sur le trait de jauge, l'œil de l'opérateur étant à la même hauteur.
4. **Non-respect de l'ordre d'introduction acide/eau** : Verser de l'eau dans un acide concentré provoque une ébullition locale instantanée et des projections d'acide. La règle de sécurité impose d'introduire l'acide dans l'eau.

Scénarios et Exercices

Exercice 1 : Calcul de molarité et normalité

Un laborantin à Lubumbashi prépare une solution en dissolvant 9,8 grammes d'acide sulfurique (H_2SO_4) pur dans de l'eau pour obtenir un volume final de 500 mL. On donne les masses atomiques : $H = 1$, $S = 32$, $O = 16$.

1. Calculez la masse molaire de l'acide sulfurique.
2. Déterminez la molarité de la solution.
3. Déterminez la normalité de cette solution pour une réaction acido-basique totale.

Résolution :

- Masse molaire M_{mol} : $M_{mol} = (2 \cdot 1) + 32 + (4 \cdot 16) = 98 g/mol$.
- Calcul de la molarité C : $n = \frac{9,8}{98} = 0,1 mol$. $V = 0,5 L$. $C = \frac{0,1}{0,5} = 0,2 mol/L$.