

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

RÉPUBLIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE

وزارة التعليم العلي و البحث العلمي

MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

جامعة الإخوة منتوري قسنطينة معهد العلوم البيطرية

UNIVERSITÉ MENTOURI DE CONSTANTINE - INSTITUT DES SCIENCES VÉTÉRINAIRES

معهد العلوم البيطرية

INSTITUT DES SCIENCES VÉTÉRINAIRES

Thèse

En vue de l'obtention du Diplôme de Doctorat en Médecine Vétérinaire

Option

AVICULTURE PATHOLOGIE AVIAIRE

Le Traitement de l'eau de boisson et son impact sur la santé des volailles



N° d'ordre : 56 / DS / 2019

Soutenue publiquement le 14 / 03 / 2019

Série : 01 / Vété / 2019

Par

Madame BOUMEDOUS Cherifa

Devant le jury

Président :	Pr. BERARHI. EL Hacem	Professeur	Université de Constantine
Rapporteur :	Pr. HAMDY PACHA. Y	Professeur	Université de Constantine
Examineur :	Dr. DJERROU. Zouhir	Professeur	Université de Skikda
Examineur :	Dr. BENNOUNE. Omar	Professeur	Université de Batna
Examineur :	Dr. BENSARI. Charaf	Professeur	Université de Constantine

2018 / 2019

DEDICACE

Je dédie ce modeste travail à

« Ma mère »

Pour tous les sacrifices consentis pour ma formation et pour sa présence à tout instant.

« Mon Père »

Puisse dieu l'accueillir dans son vaste paradis.

« Mes frères et Mes sœurs »

Qui m'ont accompagné durant cette vie.

« Mon mari »

*Pour sa sagesse et sa compréhension,
Son aide et son courage à surmonter toutes les difficultés aux
quelles je me suis heurtée. Puisse dieu le garder et le protéger*

« Mes deux filles »

« Assala Aïche Beya et Nour »

« Mes deux familles Boumedous et Chaouche Teyara »

« Tous mes enseignants et mes collègues »

*« A tous ceux qui m'ont aidé de près ou de loin
À la réalisation de ce travail »*

« Tous ceux qui m'aiment et m'apprécient »

REMERCIEMENTS

*Je remercie tous mes enseignants qui m'ont fait aimer les études
Des sciences vétérinaires qu'ils trouvent ici le témoignage de mes
plus vifs remerciements*

*Cette thèse de doctorat est une suite de mon travail de magister
qui est développé, en donnant des solutions aux éleveurs et des
connaissances techniques de plus en plus approfondies*

Je remercie

« Mon professeur : Y. Hamdi Pacha »

*Je tien à remercier mon directeur de Thèse, Monsieur le
professeur Y. Hamdi Pacha, pour sa précieuse aide, ses précieux
conseils et sa grande sagesse et ses qualités humaines et
scientifiques, à qui tous les mérites d'expression de ma haute
reconnaissance et mon profond respect.*

«Pr : EL .BERARHI »

*Qui m'a fait l'honneur d'accepter la présidence du jury de cette
thèse, Monsieur le professeur EL Hacem .Berarhi, qu'il trouve ici le
témoignage de ma haute considération et de mon profond respect.*

*«Pr : Z .Djerrou**

*Mes remerciements gratitude va à Monsieur Djerrou Zouhir,
professeur à L'université de Skikda, qui m'a aidé par sa grandeur
d'esprit scientifique et sa grande sincérité, et sa patience et qui
me fait l'honneur de juger ce travail.*

*«Pr : O .Bennoune **

*Mes remerciements vont également à Monsieur Bennoune Omar,
professeur de L'université de Batna, Qu'il trouve ici le
témoignage de ma gratitude, et de mon profond respect qui m'a
fait l'honneur d'accepter de juger ce travail.*

*«Pr : Ch .Bensari **

Mes remerciements vont également à Monsieur Bensari Charaf, professeur de L'université de Constantine, qui m'a fait l'honneur de juger ce travail, qu'il trouve ici l'expression de mon profond respect.

Mes remerciements vont également

** Dr : MAROUK. NAZIM **
Vétérinaire et éleveurs

*Qui m'ont fait partager leurs expériences du terrain dans leurs bâtiments d'élevages El Haria, Salah El deraadji.
Qu'il trouve ici le témoignage de mon profond respect*

Melle Wafa. Boubguira

Enseignante et Informaticienne à L'université d'Oum-El bouaghi, pour sa précieuse aide et ses conseils Qu'elle trouve ici le témoignage de mes plus vifs remerciements.

REMERCIEMENTS

Je remercie

** Mr A.Nazari **

Ancien directeur de la DSA de Constantine, pour son soutien et son dévouement.

** Mr A.deshlem dit Nacer **

Chef de service du laboratoire d'hygiène daksi Constantine.

**Mme W .Yousfi, Mme Haïfi Maya **

Qui m'ont guidé avec patience et m'ont fait généreusement partager leurs vastes connaissances de bactériologie. Qu'elles trouvent ici mes plus vifs remerciements. Et tout le personnel du laboratoire d'hygiène daksi Constantine. Qui ont fait du laboratoire un lieu de travail agréable.

** A Monsieur **

Directeur du L INRH laboratoire de physico-chimie des eaux de la zone palma Constantine. Pour l'attention portée à la réalisation de ce travail,

Ainsi que tout le personnel du travail. (L INRH). Qu'ils trouvent ici le témoignage de mes plus vifs mes remerciements

Mr le Dr A .Sfaksi

Pour ses conseils.

*Mes remerciements vont également à Monsieur N. Bastandji * Qui ma aidé de près à la réalisation de ce travail. Qu'il trouve ici le témoignage de mes plus vifs remerciements.*

Mes remerciements

*Merci A Mr * Hadj Slimme et son fils Mr * Omar
Bencheikh Lefgoun*

*Qui m'ont fait partager leurs expériences du terrain dans leurs fermes d'Ain Samara et Hamma-Bouzianne qui m'ont guidé avec patience à réaliser avec honneur ce travail. Mr *hadj slimme * et son fils Sont les premiers éleveurs qui ont réalisé des bâtiments en serre pour le poulet de chair en Algérie. (Date 1972)*

*«A tous ceux qui m'ont aidé de près ou de loin
À la réalisation de ce travail »
Pour m'avoir fait l'honneur*

« Tous ceux qui m'aiment et m'apprécient»

*A tous les éleveurs d'Ain Samara, Hamma-Bouzianne,
Salah Bey, Jebel El Wahche, El Mridj, El Haria, Salah El deraadji,
Oued El Athmania .*

Qui m'ont permet de réaliser des prélèvements au niveau de leurs élevages.

*Merci A Mr * S .Mahiddine * Et Mr * l. Mouselmal * Qui m'ont
généreusement aidé. Que ces personnalités admirables trouvent ici
le témoignage de ma profonde gratitude.*

.....Merci à Dieu le tout puissant.....

Sommaire

Sommaire

LISTE DES FIGURES
LISTE DES TABLEAUX
LISTE DES GRAPHES
LISTE DES ANNEXES
PUBLICATIONS

INTRODUCTION

Revue bibliographique

pages

CHAPITRE 1 : DONNEES SUR L'EAU DE BOISSON CHEZ LE POULETS DE CHAIR

1.	Qualité et pratiques élevages.....	6
1.1.	Origine de l'eau de boisson.....	6
1.1.1	Eau de réseau public.....	6
1.1.2	Eau d'un forage.....	7
1.1.3	Eau d'un puits	6
1.1.4	Eau de surface.....	7
1.1.5.	L'installation du système de traitement.....	7
1.2.	Microorganismes et qualité bactériologique de l'eau de boisson.....	9
1.2.1.	Germes pathogènes pouvant être responsables de troubles digestifs.....	9
1.2.1.1.	Clostridium perfringens.....	9
1.2.1.2.	Campylobacter jejuni.....	9
1.2.1.3.	Salmonelle enterica.....	10
1.2.1.4.	Escherichia coli.....	10
1.2.1.5.	Listeria monocytogenes.....	11
1.2.1.6.	Entérocoques et coccidies.....	11
1.3.	Flore indicatrice de contamination bactériologique de l'eau.....	11
1.4.	Diagnostiquer l'eau.....	13
1.4.1.	Le biofilm.....	14
1.4.2.	Les étapes de la formation du biofilm.....	14
1.4.3.	Facteurs favorisant le développement des biofilm.....	15
1.4.4.	Les conséquences d'un biofilm.....	16

CHAPITRE 2 : DEFAILLANCE DANS L'ECOSYSTEME VOLAILLES ENVIRONNEMENT

2.1.	Facteurs biologiques.....	18
2.2.	Facteurs intrinsèques.....	19
2.2.1.	Particularité de la physiologie digestive des volailles.....	19
2.2.2.	La flore intestinale.....	20
2.2.3.	Le statut immunitaire des animaux.....	20
2.2.4.	L'âge.....	21
2.3.	Facteurs extrinsèques.....	21
2.3.1.	La température du bâtiment.....	21
2.3.2.	La température de L'eau.....	21
2.3.3.	Effet de l'alimentation sur la consommation d'eau.....	21
2.3.4.	Le cycle lumineux.....	22

2.3.5.	L'eau d'abreuvement.....	22
2.3.6.	La gestion d'une litière.....	23
2.3.7.	La ventilation.....	24
2.3.8.	Systèmes d'adduction d'eau et d'abreuvement en élevage avicole.....	24
2.4.	Les abreuvoirs.....	28
2.4.1.	Le système de gouttières.....	28
2.4.2.	Abreuvoirs ronds à cloche.....	29
2.4.3.	Les pipettes.....	29
2.4.4.	Les godets ou coupelles.....	30
2.5.	Médicaments.....	31

CHAPITRE 3 : ROLE DE L'EAU DANS LA TRANSMISSION DES MALADIES D'ORIGINE BACTERIENNES

3.1.	Transmission hydrique.....	32
3.2.	Réservoir de germes.....	32
3.3.	Mode de transmission.....	32
3.4.	Doses infectieuses.....	33
3.5.	Cause des épidémies.....	33
3.6.	Les entérites.....	33
3.6.1.	Les troubles digestifs non spécifiques.....	34
3.6.2.	Conséquences.....	34

CHAPITRE 4 : NORMES ET PARAMETRES PHYSICO-CHIMIQUE DE L'EAU

4.1.	Normes et valeurs préconisées en élevage de volailles.....	36
4.2.	Interactions engendrées par les paramètres physico-chimiques.....	36
4.2.1.	Interpréter les caractéristiques physico-chimiques.....	36
4.2.1.1.	pH et rH.....	36
4.2.1.2.	Matière organique.....	37
4.2.1.3.	Les ammoniums.....	38
4.2.1.4.	Les nitrites.....	38
4.2.1.5.	Nitrates.....	38
4.2.1.6.	Fer.....	38
4.2.2.	Interprétation des paramètres microbiologiques.....	39
4.2.2.1.	Flore mésophile.....	39
4.2.2.2.	Coliformes Totaux, Fécaux, E Coli.....	39
4.2.2.3.	Entérocoque, Streptocoques fécaux.....	40
4.2.2.4.	Anaérobies Sulfito Réducteurs.....	40
4.2.2.5.	Staphylocoque ou Salmonelles.....	40
4.3.	Maitrise de la qualité de l'eau.....	40
4.3.1.	Un contrôle préventif et son interprétation.....	41
4.4.	Impact des paramètres physico-chimiques.....	41
4.4.1.	PH.....	41
4.4.2.	TH (Titre hydrotimétrique).....	42
4.4.3.	Turbidité.....	42
4.4.4.	Matière Organique.....	42
4.4.5.	Ammonium.....	42

4.4.6.	Nitrate	42
4.4.7.	Fer.....	43
4.4.8.	Température.....	43
4.4.9.	Chlorure	43
4.4.10.	Cuivre.....	43
4.4.11.	Sulfure d'hydrogène H ₂ S.....	43
4.5.	La réglementation.....	44

CHAPITRE 5 : TECHNOLOGIES DE TRAITEMENT DE L'EAU

5.1.	Nettoyage désinfection des canalisations.....	46
5.1.1.	Les détergents.....	46
5.1.2.	Traitements physico-chimiques de l'eau.....	47
5.1.2.1.	L'acidification minérale.....	47
5.1.2.2.	La neutralisation.....	47
5.1.2.3.	L'adoucissement.....	47
5.1.2.4.	Filtration.....	47
5.1.2.5.	Dénitrification.....	48
5.1.2.6.	Déferrisation.....	48
5.2.	Traitements bactériologiques.....	49
5.2.1.	Généralités.....	49
5.2.2.	Généralités sur les modes d'action.....	49
5.2.2.1.	Mécanismes d'inactivation des virus.....	50
5.2.2.2.	Mécanismes d'inactivation des bactéries.....	50
5.2.3.	Resistance des microorganismes aux oxydants.....	51
5.2.3.1.	Fixation, agrégation.....	51
5.2.3.2.	Sporulation.....	52
5.2.3.3.	Plasmides.....	52
5.2.3.4.	Concentration et temps de contact.....	53
5.2.4.	Oxydants utilisés.....	54
5.2.4.1.	Les Avantages et les inconvénients des désinfectants.....	56
5.2.4.2.	Choisir le traitement de l'eau.....	57
5.2.4.3.	La chimie du chlore dans l'eau.....	57
5.2.4.4.	Le pouvoir désinfectant du chlore.....	59
5.2.4.5.	Demande en oxydant.....	60
5.2.5.	La chloration.....	62
5.2.5.1.	Pompes doseuses, bacs.....	63
5.2.5.2.	Instabilités des oxydants.....	65
5.2.2.3.	Contrôle du biofilm par les oxydants.....	65
5.3.	Eau de javel.....	66
5.4.	La javellisation de l'eau d'une source.....	67
5.5.	La désinfection des eaux des puits.....	67
5.6.	La désinfection des réservoirs.....	69

ETUDE EXPERIMENTALE

MATERIEL ET METHODES

2. MATERIELS POUR UNE ANALYSE BACTERIOLOGIQUE

2.1. Matériel de prélèvement.....	70
2.2. Méthode de prélèvement.....	70
2.2.1. Le Matériel de laboratoire.....	71
2.2.2. Milieux de culture.....	71
2.2.3. L'analyse bactériologique.....	72
1. Le Dénombrement des germes totaux.....	72
2. La Colimétrie.....	74
3. Le Dénombrement des streptocoques fécaux.....	77
4. Le Dénombrement des bactéries sulfito-réductrices.....	79
5. La Recherche des salmonelles.....	81

2.2.4. ANALYSE PHYSICO - CHIMIQUE DE L'EAU

2.2.4.1. Détermination du pH.....	83
2.2.4.2. Détermination du TH.....	84
2.2.4.3. Dosage des nitrates.....	84
2.2.4.4. Fer.....	85
2.2.4.5. Dosage du chlore libre.....	86
1. Signification des résultats.....	87
2. Dosage du chlore résiduel total.....	87

2.3 MATERIELS ET METHODES POUR L'ELEVAGE

2.3.1. Recensement de l'élevage.....	89
2.3.2. Localisation de l'élevage.....	89
2.3.3. Contrôle du poids.....	91
2.3.4. Conduite d'élevage avicole.....	91
1. Hygiène-Le poussin.....	92
2. Lot 1 Témoin.....	95
3. Lot 2 Expérimental	99

3. RESULTATS ET ANALYSES

3.1. 1^{er} lot :	
3.1.1. Analyse physico-chimique de l'eau de boisson.....	104
3.1.2. Analyse bactériologique de l'eau de boisson.....	106
3.1.3. Performances zootechniques du 1^{er} lot	107
3.2. 2^{ème} lot :	109
3.2.1. Analyse physico-chimique de la source d'abreuvement des animaux	109
3.2.2. Analyse bactériologique de la source d'abreuvement des animaux.....	110
3.2.3. Les performances zootechniques du 2^{ème} lot	112
3.3. Analyses statistiques.....	113

4. RESULTATS ET DISCUSSION

4.1. Interprétation des résultats d'analyses physico-chimiques.....	115
4.2. Interprétation des facteurs de variation de la qualité bactériologique de l'eau.....	118
4.2.1. Traitement par hypochlorite de sodium.....	119
4.2.2. Traitement bactériologique ponctuel.....	119

CONCLUSION

ANNEXE

BIBLIOGRAPHIE

RESUME

Liste des Figures

- Figure 1** : Principes fondamentaux de la biosécurité
- Figure 2** : Etapes de colonisation des canalisations par le biofilm.
- Figure 3** : Comment se forme un biofilm dans une canalisation d'eau.
- Figure 4** : Accumulation de bio film au niveau de la canalisation.
- Figure 5** : Organisations du tube digestif avec gradients d'acidité.
- Figure 6** : Polyéthylène haute densité polyéthylène basse densité, polyéthylène péciculé.
- Figure 7** : Traitement de désinfection permanente + une cuve d'eau.
- Figure 8** : Le système des gouttières.
- Figure 9** : Abreuvoirs ronds à cloche.
- Figure 10** : Hauteur idéale d'un abreuvoir de type cloche.
- Figure 11** : Les pipettes, réglage correct d'une pipette.
- Figure 12** : Les godets ou coupelles.
- Figure 13** : Fientes coecale anormale (jaune carammel).
- Figure 14** : Fientes coecale normal (marron).
- Figure 15** : Bac à eau à l'intérieur du bâtiment
- Figure 16** : L'installation du système de désinfection ; une réflexion globale
- Figure 17**: Fiche technique M S P
- Figure 18** : La technique du dénombrement des germes totaux .
- Figure 19**: La recherche des germes Totaux.
- Figure 20** : Mise en évidence des coliformes (test présomptif).
- Figure 21** : Mise en évidence des coliformes fécaux (test confirmatif).
- Figure 22** : Mise en évidence des streptocoques fécaux (test présomptif)
- Figure 23** : Mise en évidence des streptocoques fécaux (test confirmatif).
- Figure 24** : Mise en évidence des clostridium sulfito- réducteurs.
- Figure 25** : Mise en évidence des salmonelles.
- Figure 26** : Dosage du chlore libre.
- Figure 27** : Déroulement de l'étude du 1^{er} lot.
- Figure 28** : Déroulement de l'étude du 2^{er} lot.

Liste des Tableaux

Tableau 1 : Principaux germes indicateurs de contaminations bactériologiques de l'eau.

Tableau 2 : Consommation d'eau par semaine(en ml).

Tableau 3 : Relargage organique par la conduite plastique et potentielle de reviviscence bactérienne résultant. (Van Der Koou et al, 1982).

Tableau 4 : Matériel recommandé dans les bâtiments.

Tableau 5 : Normes Physico-chimiques de l'eau en élevage.

Tableau 6 : Normes bactériologiques des eaux en élevage.

Tableau 7 : Normes bactériologiques des canalisations. (Charte des élevages poulets de chair, 2012).

Tableau 8 : Substances utilisées comme désinfectant de l'eau de boisson.

Tableau 9 : Avantages et inconvénients du chlore, du peroxyde d'hydrogène.

Tableau 10 : Exemple de la lecture sur la table de Mac Crady.

Tableau 11 : Les critères recherchés à chaque analyse bactériologique.

Tableau 12 : Analyse physico-chimique.

Tableau 13 : Les résultats de l'analyse physico-chimique de l'eau de boisson .**1^{er} lot.**

Tableau 14 : Analyses bactériologiques de l'eau prélevée (résultats d'un essai terrain).**1^{er} lot.**

Tableau 15 : Les résultats de l'analyse physico-chimique de l'eau de boisson. **2^{eme} lot.**

Tableau 16 : Les analyses bactériologiques de l'eau prélevée (résultats d'un essai terrain). **Du 2^{eme} lot.**

Tableau 17 : Croissance pondérale des poulets à J₁, J₇, J₁₄, J₂₁, J₂₈, J₃₅, J₄₂. **Du 2^{eme} lot.**

Tableau 18 : Analyses statistiques du lot témoin avec l'eau traitée.

Tableau 19 : Analyses statistiques du lot témoin avec l'eau non traitée.

Liste des Graphes

Graphe 1 : Répartition du chlore en HCLO et CLO en fonction du pH.

Graphe 2 : Courbe de break point d'une eau naturelle.

Graphe 3 : Dose nécessaire pour obtenir la teneur résiduelle désirée

Graphe 4 : Evolution de la température pendant 1jour à 42 jours d'âge des animaux 1^{er}s lots.

Graphe 5 : Evolution du pH de l'eau pendant 1jour à 42 jours d'âge des animaux 1^{er}s lots.

Graphe 6: Quantité de bactéries revivifiables à 22°C et 36°C, coliformes totaux, les streptocoques fécaux, et les bactéries sulfito-réducteurs, au niveau du bâtiment et en bout de ligne à J₁, J₁₄, J₂₈, J₃₅, J₄₂.

Graphe 7 : Poids des poulets à J₁, J₁₄, J₂₈, J₃₅, J₄₂. Du 1^{er} lot.

Graphe 8 : Evolution du pH de l'eau pendant 1jour à 42 jours d'âge des animaux 1^{er} lots.

Graphe 9 : Evolution de la température pendant 1jour à 42 jours d'âge des animaux 2^{èmes} lots.

Graphe 10: Quantité de bactéries revivifiables à 22°C et 36°C, au niveau du bâtiment et en bout de ligne à J₁, J₁₄, J₂₈, J₃₅, J₄₂.

Graphe 11 : Poids des poulets à J₁, J₁₄, J₂₈, J₃₅, J₄₂. Du 1^{er} lot et du 2^{ème} lot.

Graphe 12 : Croissance pondérales des poulets à J₁, J₁₄, J₂₈, J₃₅, J₄₂. Du 1^{er} lot et du 2^{ème} lot.

Liste des Annexes

- Annexe 1** : Les eaux des puits ou forages.
- Annexe 2** : Organismes indicateurs. (Koester, 2006).
- Annexe 3** : Principales maladies digestives.
- Annexe 4** : Durée de survie de quelques agents pathogènes dans le milieu extérieur.
- Annexe 5** : Importance du mode de vie dans la maîtrise du sanitaire.
- Annexe 6** : La santé des volailles est menacée.
- Annexe 7** : Matériel des traitements ponctuels. (Itavi, 2010).
- Annexe 8** : Des coudes qui favorisent le biofilm. (Itavi, 2014).
- Annexe 9** : Quelques indicateurs d'observation de bien-être.
- Annexe 10** : Domaine d'existence de la déferrisation biologique.
- Annexe 11** : La vaccination dans l'eau de boisson en cinq étapes.
- Annexe 12** : Valeurs de C. t d'inactivation de kystes de giardia par le chlore, à 10°C. (U.S.EPA, 1989).
- Annexe 13** : Les principales étapes de traitement d'une eau d'alimentation.
- Annexe 14** : Traitements en fonction des caractéristiques bactériologiques des eaux brutes.
- Annexe 15** : Milieux de culture : Plate Count Agar. (PCA).
- Annexe 16** : Milieux de culture : bouillons lactose au bromocresol pourpre.
- Annexe 17** : Milieux de culture : milieux indol –mannitol. (Schubert).
- Annexe 18** : Table de Mac Grady 3 tubes/ dilution.
- Annexe 19** : Table de MacCrady. (Rodier et al, 2009).
- Annexe 20** : (J. Off du 27 mai 1998).
- Annexe 21** : Composition type du milieu Rothe glucose à l'azide de sodium. (Belkaid, 2002).
- Annexe 22** : Composition type du milieu Litsky . (Belkaid, 2002).
- Annexe 23** : Composition type du bouillon viande foie glucosé. (Belkaid, 2002).
- Annexe 24** : Composition type du milieu sélénite acide de sodium. (Belkaid, 2002).
- Annexe 25** : Composition type du milieu Hecktoen.
- Annexe 26** : Caractères cultureux. (Belkaid, 2002 ; J. Joffin, 1993).
- Annexe 27** : Des testes rapides pour le chlore. (DPD) et le pH.
- Annexe 28** : Dosage des nitrates. NO_3^- .
- Annexe 29** : Principales maladies digestifs.
- Annexe 30** : Pour maîtriser votre eau.
- Annexe 31** : Balance électronique.
- Annexe 32** : Pesée dynamométrique.
- Annexe 33** : Nettoyage pendant le vide sanitaire.
- Annexe 34** : Un retard dans la croissance est observé pour le sujet témoin à droite avec un gain de poids moyen est observé pour le sujet expérimental à gauche durant l'élevage.
- Annexe 35** : Technique de recherche des indicateurs de pollution bactériologique.

Publications

- 1. Boumedous, C., Djerrou, Z., Hamdi Pacha, Y., (2017) Impact of Drinking Water Treatment on Poultry Health and Performances: An Experimental Study. Online Journal of Biological Sciences 2017.**

INTRODUCTION

Introduction

L'aviculture constitue un secteur stratégique dans l'économie du pays et nécessite donc une prise en charge rigoureuse sur le plan sanitaire, permettant un développement harmonieux de la filière. Nous avons assisté à une apparition de plusieurs pathologies aviaires telles que la maladie de Marek en 1996 et la maladie de Gumboro, la maladie de Newcastle en 1997. des foyers de salmonelles aviaires, dont certaines sont des zoonoses engendrant de sérieux problèmes de santé publique, des augmentations anormales de saisies de poulets de chair furent rapportées dans plusieurs et différentes régions du pays. Des mesures d'urgences ont été prises dans différentes régions du pays et ont permis la bonne maîtrise de la situation, seuls encore quelques foyers de ces pathologies ont été déclarés en 2001 et se limitent à certaines Wilaya de l'Est du pays. Suite à la sécurité alimentaire un ensemble de textes réglementaires ont été mis :

- La loi 88-08 du 26 Janvier 1988 relative à la Médecine Vétérinaire et à la protection de la santé animale, article 62.
- Le décret exécutif n°95-66 du 21 Février 1995 fixant la liste des maladies animales à déclaration obligatoire et les mesures générales qui leurs sont applicables ;
- L'arrêté ministériel du 27 Mars 1995 définissant les mesures générales de prévention en élevage avicole.
- Le code des eaux en Algérie. (16 juillet 1983, article 52, chapitre 1) stipule : qu'une eau est potable, lorsqu'elle n'est pas susceptible de porter atteinte à la santé de ceux qui la consomment ; elle ne doit contenir en quantité nuisible, ni substance chimique, ni germes nocifs à la santé.

Premier aliment de la volaille, un intrant majeur en élevage de volailles ; l'eau n'a pas toujours l'attention qu'elle mérite avec les préoccupations grandissantes de démediation, elle devient pourtant un élément déterminant de la réussite de l'élevage.

La qualité de l'eau est apparue comme étant un des facteurs explicatifs de l'apparition d'épisodes de diarrhées mais également comme le critère sur lequel une importante marge de progrès est possible, sa gestion apparait comme un facteur majeur de variations des performances. (Travel, 2006).

La réduction voir l'arrêt de l'utilisation des antibiotiques facteurs de croissance, la réduction du nombre d'anticoccidiens ont favorisé l'apparition d'un climat d'instabilité digestive chez les volailles. Comme l'eau est l'aliment le plus consommé par les animaux, lors de fortes chaleurs, la consommation d'eau peut être multipliée par trois de plus. Les animaux ne

pouvant s'abreuver correctement (source d'approvisionnement limitée, de mauvaise qualité...) auront tendance à manger moins, donc croître moins rapidement et donc à être moins productifs. Dans les élevages avicoles, les pathologies digestives sont de plus en plus difficiles à maîtriser par les éleveurs. Ces troubles digestifs, en particulier les entéropathies ainsi, une entérite va provoquer une humidification des fientes cela dégrade l'état de la litière qui devient difficilement gérable, qui entraîne une production d'ammoniac, qui irrite l'appareil respiratoire... il est alors facile de se tromper de cible quand on traite une maladie respiratoire ! Ainsi, la dégradation des litières peut être mise en relation avec des troubles digestifs avant 42J (diarrhées ou des entérites non spécifiques) dont les responsables peuvent être des agents infectieux. En effet, il existe une relation entre les performances techniques et la gestion de l'abreuvement par l'éleveur, les animaux ont toutes les chances de développer des pathologies qui auront une incidence économique. Les affections bactériennes sont variées, les plus courantes concernent les colibacilles et les salmonelles et peuvent être à l'origine d'entérites, si l'agent responsable d'une entérite n'est pas connu, on parle alors d'entérite non spécifique. Lors d'une infection microbienne ou virale, la paroi intestinale peut être atteinte pour conséquence des dérèglements digestifs qui se traduisent principalement par des entérites (Hoerr, 1988) ces pathologies se traduisent généralement par une sécrétion accrue d'eau et d'électrolytes et par une inflammation au niveau de la muqueuse intestinale entraînant une excrétion dans la litière de fractions alimentaires non digérées. Ces diarrhées profuses (Ruff et al. 1981; Hofer, 1988) humidifient les litières. Une litière dégradée favorise le développement de coccidies qui peuvent être à l'origine d'une diminution du poids vif chez l'adulte et d'une baisse de croissance chez le jeune. Aussi une litière détériorée a des conséquences directes sur l'appareil locomoteur des animaux (boiteries, des ulcérations du bréchet) avec impact sur la qualité des carcasses (augmentation du taux de saisie, diminution du rendement, lésions du bréchet).

Dans les Wilaya de l'Est du pays plusieurs élevages avicoles font appel à des eaux de puits insuffisamment protégés et non traités ; la première idée reçue est de penser

Que l'eau de réseau est obligatoirement de bonne qualité, de même, une eau correctement désinfectée ne l'est pas forcément à l'arrivée aux abreuvoirs. La contamination se fait dans les canalisations et elle est liée à la présence du biofilm ; cette étude portera sur le biofilm, l'efficacité du traitement de l'eau, et son impact sur la santé des volailles.

Pour cela des recommandations humaines ont été suivies pour la maîtrise du biofilm et de la qualité de l'eau de boisson en élevage de poulet de chair.

Donc, le premier point à prendre en considération est l'incidence de la qualité de l'eau (bactériologique et physico-chimique) sur l'élevage avicole (l'utilisation de pipettes limite ce risque ,mais ne résout pas les pollutions en amont essentiellement chimique et microbiologique) la présence de micro-organismes dans l'eau est due à la contamination des puits et des sources par des matières fécales (présence de streptocoques fécaux d'entérobactéries) ou à l'encrassement des réseaux de distribution qui deviennent alors des lieux privilégiés de multiplication bactérienne (attention aux cuves et aux circuits d'eau d'extérieurs).(Guéri ne et al ;2011).

Le deuxième point, assurer un niveau de protection élevé pour l'homme. Un élevage contaminé peut à son tour contaminer d'autres élevages mais aussi l'homme directement ou les aliments qu'il consomme. (Montiel, 2007)

Le troisième point est l'application d'un désinfectant homologué indispensable et obligatoire. (Itavi, 2004). Dans l'eau de nombreux éléments peuvent se retrouver, et certains d'entre eux peuvent avoir des répercussions importantes sur la qualité de l'eau, la plupart de ces éléments sont toxiques pour l'animal et l'homme. C'est la raison pour laquelle des normes d'usage sont apparues. Ces normes ont pour but d'une part de permettre l'usage d'abreuvement des volailles et d'autre part ne pas faire faire courir de risques indirectes pour l'homme qui mange ces volailles. (Montiel, 2007).

Des travaux menés en 2004 et 2005 par (Bouvarel et al) rapportent que la qualité de l'eau de boisson est un facteur majeur de maîtrise des problèmes sanitaires, un levier d'action déterminant sur lequel les éleveurs peuvent agir. Donc cette étude a pour objectif d'évaluer les risques et les réduire au minimum. Contrôler l'eau distribuée aux animaux qui doit être D'un niveau de qualité adéquat pour les animaux en cours de production. (AFSSA ,2005).

La résurgence des cas de maladies peut indiquer bien l'apparition de souches virales et bactériennes hyper virulentes qu'une dégradation de la rigueur du management et des mesures de prophylaxie sanitaire de ce fait s'il convient parfois de recourir à des antibiotiques de puissance supérieure ; il est toujours profitable aussi de resserrer les boulons de la conduite d'élevage, c'est aussi le sentiment d'être à l'abri de tout danger et risque. Trois grands axes prioritaires de la sécurité sanitaire concernant les élevages avicoles :

- La protection de l'élevage des agents pathogènes : prophylaxie sanitaire, règle de biosécurité et d'hygiène. La qualité de l'eau, un enjeu majeur de sécurité sanitaire, c'est le premier aliment des volailles : sa gestion est essentielle pour assurer de bons résultats en termes de santé des animaux et d'efficacité des traitements. Les paramètres à respecter :

- Sa qualité physique et microbiologique.
- Les réseaux d'admission, l'état des sources, les traitements opérés.
- Le mode de stockage. (Propreté des fûts, des réservoirs).
- La distribution de l'eau. (Matériel, étanchéité, accessibilité).
 - La prophylaxie médicale : Les vaccinations. (le respect de protocoles).
 - La gestion des pathologies : Soigner rapidement les malades.

Les difficultés en Afrique du nord et de l'ouest, réside dans la capacité des vétérinaires, faute de formation et d'outils d'information à poser le bon diagnostic, à mettre en œuvre une bonne médication adaptée et à respecter les protocoles, enfin le recours systématique aux médicaments, au détriment d'autres solutions.(Itavi,2014).

Objectifs

- Connaitre la qualité de l'eau initiale du puits et l'eau de réseau ainsi qu'en bout de ligne pour évaluer l'efficacité du traitement.
- Caractériser l'eau distribuée aux animaux qui doit être d'un niveau de qualité satisfaisante, pour les animaux en cours de production, afin de prévenir les maladies à transmission hydrique, et d'assurer la bonne santé des animaux et les bonnes performances de production, au bénéfice d'une maîtrise sanitaire rationnelle du cheptel national avicole.
- Enfin les procédures de nettoyage - désinfection des canalisations pour assurer l'efficacité de ces actions et limiter la formation des biofilms bactériens résiduels, surtout salmonellique.

REVUE
Bibliographique

Chapitre n° 01 : données sur l'eau de boisson chez le poulet de chair.

1. Qualité et pratiques élevages

L'eau est utilisée en élevages avicoles non seulement pour l'abreuvement des animaux, mais également comme vecteur de traitements thérapeutiques et prophylactiques.

1.1. Origines de l'eau de boisson

L'eau de boisson en élevage de poulets de chair peut provenir de différentes sources les caractéristiques de chacune de ces sources reflètent l'interaction de l'eau et du milieu environnant.

1.1.1. Eau d'un réseau public

C'est une eau sécurisée car elle est traitée pour la rendre potable, dont les contaminations ponctuelles et locales de l'eau de réseau public sont liées à des problèmes d'étanchéités du réseau. Les mesures particulières à prendre : il faut vérifier régulièrement l'aspect de l'eau. (Châtillon, 1999, Travel, 2006).

1.1.2. Eau d'un forage

Il s'agit d'une nappe d'eau profonde d'au moins 20m, c'est une épuration naturelle de l'eau dans la nappe ; d'où la mort des microorganismes pathogènes par manque de nutriment et d'oxygène et épuration par les microorganismes présents naturellement dans la nappe. Les caractéristiques chimiques variables de ces eaux, sont dépendantes de la nature géologique du sol (par exemple : la roche sédimentaire induit une eau plus dure comparée à une roche cristalline). Le forage doit se situer :

- A 50m d'un épandage, si l'eau est destinée à la consommation humaine.
- A 35m d'un épandage (hors consommation humaine), de bâtiments d'élevage et de ses annexes, de stockage.
- A 200m d'une décharge ou d'une zone de stockage des déchets.

Les mesures particulières à prendre :

Captage par rapport au sol (buse de 50cm), bétonner le fond de la buse et tubage, un drain posé sous la dalle de béton avec une dalle hermétique sur la buse, monticule d'argile remblayé pour l'étanchéité, périmètre de captage d'environ 20m de diamètre clôturé. (Desjardins, 1997 ; Poilvet, 2001 ; Travel, 2007).

1.1.3. Eau d'un puits

C'est une eau dont la profondeur est inférieure à 12m, la filtration est pendant le drainage à travers le sol (rétention et adsorption d'éléments organiques et minéraux). C'est une eau qui est vulnérable aux contaminations par les microorganismes pathogènes (risques liés aux suivis d'épisodes pluvieux) : percolation à travers le sol, ruissellement en sub-surface avant d'atteindre la nappe qui alimente le puits. (Annexe 1)

Les mesures particulières à prendre : Idem au forage en plus, il faut boucher les jointures des 5 à 6 premières buses, ajouter de l'argile contre l'extérieur des buses sur une profondeur de 3m de drainage, aussi vider le puits tous les 2 à 5 ans (enlever les limons au fond et nettoyer les parois à haute pression) quand le niveau d'eau est retrouvé, ajouter de l'eau de javel et vidanger deux jours après. (Poilvet, 2001, Travel, 2007).

1.1.4. Eau de surface

Les eaux de surface par exemple étang, eau de lac et eau de rivière : sont très vulnérables aux pollutions microbiologiques organiques, (ruissellement d'eau de surface souillées par le déversement des égouts domestiques et agricoles) : pas de filtration ou d'épuration, forte concentration en matière organique. (Desjardins, 1997).

Les mesures particulières à prendre : les eaux des nappes profondes doivent bénéficier d'un périmètre de protection, dont le but est d'empêcher que les infiltrations des déchets de la vie humaine et animale les polluent. Parmi les bactéries d'origine fécale potentiellement pathogènes, on peut citer : Salmonella Typhimurium, bacille de la fièvre typhoïde, Salmonella Entérica, agents de toxico-infections alimentaires souvent collectives, Shigella, les E Coli, Entéro-invasifs, responsables du syndrome dysentérique.

1.1.5. L'installation du système de traitement

Un traitement d'eau ne résoudra pas les problèmes liés à des défauts d'installation du système de traitement de l'eau sur l'exploitation, des fondamentaux doivent être respectés.

L'implantation de forage est interdite dans les périmètres de protection des captages d'eau potable (à 50m jusqu'à 100 m du périmètre urbain). Pour éviter toute contamination de la ressource et suivre la consommation d'eau :

- la pompe est munie d'un clapet de pied interdisant tout retour de fluide vers le forage en cas de raccordement à une installation alimentée par le réseau public, un disconnecteur est

obligatoirement installé à l'aval du compteur d'eau l'installation de pompage doit être équipée d'un compteur volumétrique, et les volumes prélevés portés sur un registre mis à jour au moins tous les mois pour estimer les besoins quotidiens et les besoins lors des pics de consommation. (Richard ,1990 ; Gaëlle, et al .2012).

- Appliquer le traitement physico-chimique adapté avant l'installation d'un système de traitement bactériologique.
- Adapter l'installation à l'ensemble de l'exploitation si plusieurs ateliers de production sont présents par rapport :
 - A la longueur des canalisations internes à l'exploitation.
 - Au type de productions. (Figure 1).
- Prévoir une ligne d'eau par usage en installant les circuits de façon parallèle.
- Sécurisé l'eau en protégeant les circuits de toute contamination ; L'eau potable doit rester jusqu'à la consommation par l'animal.
- Prévoir un local spécifique et sécurisé pour installer le ou les systèmes de traitements de l'eau.
- Garantir un temps de contact nécessaire pour une efficacité optimale du traitement. (Itavi, 2007).

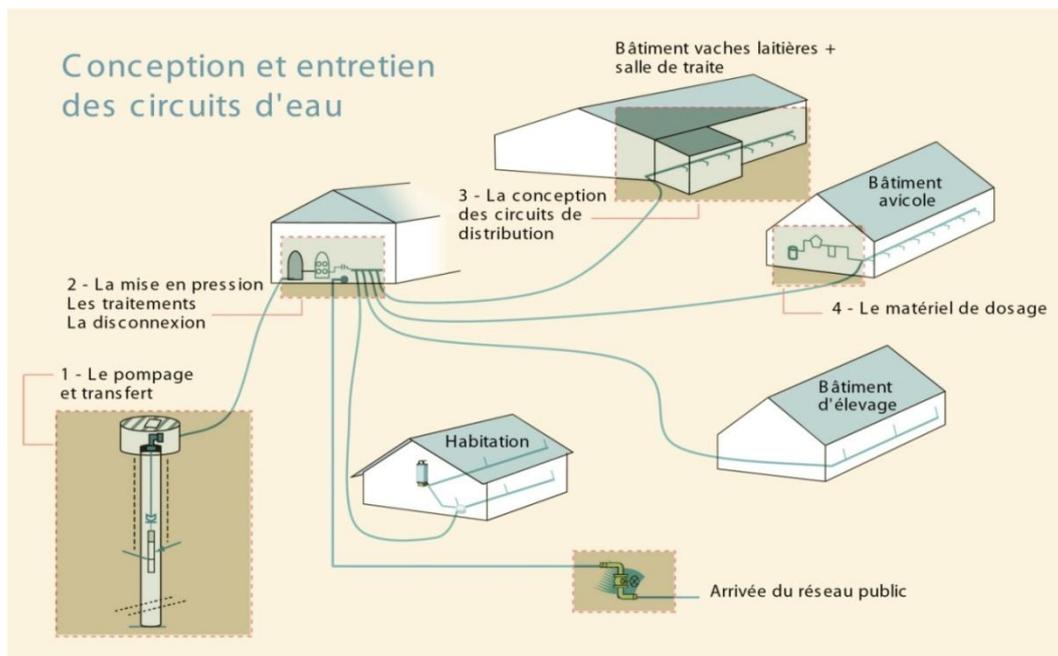


Figure 1: Principes fondamentaux de la biosécurité (Itavi, 2007).

1.2. Microorganisme et qualité bactériologique de l'eau de boisson

Certains germes retrouvés dans l'eau sont des germes pathogènes pouvant être responsables de troubles digestifs, tandis que d'autres sont des indicateurs d'une contamination de l'eau.

1.2.1. Germes pathogènes pouvant être responsables de troubles digestifs

1.2.1.1. Clostridium perfringens

Bacille gram+, bactérie anaérobie sulfite-réductrice (ASR), anaérobie stricte, pH optimal (6-7), détruit les matières organiques mortes. (Bactérie habituellement présente dans les coeca, en équilibre avec le reste de la flore capable de se multiplier très rapidement dans certaines circonstances, trois fois plus vite qu'un Escherichia coli).

Les facteurs favorisant leur multiplication sont : Les caractéristiques bactériologiques et chimiques de l'eau (présence de matières organiques, absence d'oxygène, pH alcalin), et généralement après destruction de la flore intestinale, causée par une antibiothérapie mal adaptée surtout chez les jeunes poulets ; ces bactéries ont un impact sur les volailles : Entérites nécrotiques et/ou entérites non spécifiques, les animaux atteints seront surtout des poulets âgés de 2 à 4 semaines, prostrés, émettent une diarrhée sanguinolente à noirâtre, pour limiter leur développement il faut désinfecter les canalisations au vide sanitaire avec un produit bactéricide et sporicide ; Chlorer et acidifier l'eau en cours de lot. (Pilet et al. 1979 ; Brugere-Picoux, 1992 ; Marteau et al. 1993 ; Travel, 2007).

1.2.1.2. Campylobacter Jejuni

Bacille gram-commensal de la flore intestinale avicole micro aérophile, thermophile, pH optimal (6,5-7,5) et s'adapte à l'environnement en devenant sphérique ou coccidie, il est intéressant de noter qu'on l'a toujours trouvé en présence de coliformes fécaux. Cette bactérie agent d'une zoonose, les épidémies surviennent à la suite de l'ingestion des produits contaminés (viande de volaille crue, des eaux de surface contaminés, non traitées ou insuffisamment chlorées). Les facteurs favorisant leur multiplication : concentration en O₂ entre 3 et 15% dans l'eau, CO₂ entre 3 et 5% température entre (37°C à 42°C) ; acidifier l'eau favoriserait l'infection modifiant la flore intestinale des volailles. Ces bactéries ont un impact sur la santé des volailles surtout les entérites non spécifiques avec des diarrhées. Pour limiter leur développement il faut ajouter des acides organiques (formique, acétique,

propionique et/ou hydrochlorique) pour obtenir un pH proche de 4; désinfecter régulièrement les circuits de distribution d'eau et chlorer en cours de lot. (Véron et al, 1989 ; Acha, 1989 ; Butzler, 1991 ; Villate, 2001 ; Travel, 2007)

1.2.1.3. Salmonelle entérique

Entérobactérie gram-pH optimal (6,5-7,5), les facteurs favorisant leur multiplication température entre (37°C) .Les salmonelles peuvent se multiplier dans l'eau si la température est suffisante (dés18°C-20°C, voire moins) mais surtout si la charge en matière organique est élevé. C'est le cas dans les abreuvoirs pollués par les fientes qui est souvent responsable des salmonelles de troupeaux, Ces entérobactéries peuvent être impliquées dans les entérites non spécifiques, Pour limiter leur développement, il faut qu'elle soit détruite par la chaleur (> 60°C) et la lumière ; utiliser des désinfectants de surface (formol, chlore, désinfectants phénolés ou iodophores) durant le vide sanitaire ; Chlorer en cours de lot.(Pilet et al . 1979 ; Pechère ,1982 ;Otenq-Gyanq,1984 ;Sutra ,1988 ; Lecoanet ,1992 ; Mégraud, 1993,Villate, 2001 ; Travel, 2007).

1.2.1.4. Escherichia coli

Colibacille gram-, hôte commensal du tube digestif des volailles pH optima 6,5. Les facteurs favorisant leur multiplication, eau souillée par des matières fécales, la poussière est également un vecteur.10 à 15% de la population de ce colibacille est potentiellement pathogène pour les volailles le pouvoir pathogène des colibacilles est lié à la capacité d'adhérence aux muqueuses respiratoires (trachée, pharynx) par des pilis codés par un plasmide, les souches d'E. Coli plus virulentes sont capables de capter le fer. C'est à partir du tube digestif que le colibacille se répand dans la nature, dans le sol, les eaux ; on sait comment la surveillance des eaux potables repose sur la colimétrie c'est -à-dire la numération des colibacilles dans l'eau à étudier, les diarrhées infectieuses à E. Coli sont causées par des souches virulentes qui sont absorbées par voie buccale avec de l'eau souillé ou des aliments contaminés par la flore fécale des malades ou porteurs sains. Pour limiter leur développement il faut désinfecter les canalisations au vide sanitaire, nettoyer régulièrement le matériel d'abreuvement pendant le premier mois d'âge des animaux, acidifiés, ajouter des probiotiques. (Fasquelle, 1974 ; Sutra et al.1988 ; Berche et al.1989, Meicler et al.1993;Villate, 2001 ;Travel, 2007).

1.2.1.5. Listeria monocytogenes

Bacille gram+, ubiquiste, pH optimal 7,1 ; aéro-anaérobie, survit des semaines dans les sols épandus et contaminés elles sont responsables des maladies émergentes, les facteurs favorisant leur multiplication : la température entre (30 et 37°C), eau contaminée lors d'épandages. Pour limiter leur développement, il faut qu'elle soit détruite à 60°C, limiter la présence de rongeurs/arthropodes, protéger la source origine de l'eau. (Puterflam ,2005 ; Chaveerach et al. 2004, Travel, 2007)

1.2.1.6. Entérocoques et coccidies

Peuvent se retrouver dans l'eau de boisson des animaux. Les coccidies sont les protozoaires responsables des coccidioses, fréquemment rencontrées en aviculture. Ces coccidie survivent très facilement dans l'environnement, même après une désinfection méticuleuse .Les épandages d'effluents proches des sources d'eau représentent un risque de contamination par des oocystes de coccidies (Yvore . P, 1992, Villate .D, 2001 ;Leducet Repérant, 2003).

1.3. Flore indicatrice de contaminations bactériologiques de l'eau

La contamination d'animaux par les microorganismes entéro pathogènes surtout par leurs aliments ou par l'eau d'abreuvement est responsable des maladies entériques zoonotique devient chronique et continue. Certaines familles de bactéries recherchées dans l'eau sont indicatrices d'une contamination fécale ou d'une désinfection inefficace;(tableau1). (Lapent, 1997, Poppe et al .1991 ;Haslay et al.1993 ; Koster,2000 ; Ravel et al .2000).(cf. Annexe 2).

Tableau 01 : Principaux germes indicateurs de contaminations bactériologiques de l'eau.

	Famille/Signification	Origine/renseignement/solution
Germes totaux <100 /ml	Flore aérobie revivifiable à 22°C et à 37°C. à 22°C : les germes spécifique de l'eau, et qu'à 37°C (température du corps humain) on sélectionne les Micro-organismes provenant de l'homme ou des animaux à sang chaud, de leurs sécrétions, en particulier des matières fécales. Flore non pathogène de contamination des surfaces.	Origine humaine, animale ou tellurique. Permet de dénombrer les bactéries se développant dans des conditions habituelles de culture = teneur moyenne en bactéries d'une ressource. Leur présence en faible nombre est témoin d'une désinfection et d'un bon état du système de distribution. Solution : Entretien des circuits d'abreuvement.
Coliformes <5/100 ml	Totaux : famille des entérobactéries, flore intestinale	Flore intestinale, présents également dans les sols
	Thermo tolérants : l'espèce la plus fréquemment associée à ce groupe est Escherichia Coli, qui représente 80 à 90% des coliformes thermo tolérants détectés témoignent du risque de contaminations fécales par d'autres agents tels que salmonelles, campylobacter, protozoaire....	Leur survie dans l'environnement est généralement proportionnelle au degré de pollution par les matières fécales. Ils ne prolifèrent généralement pas dans les réseaux de distribution d'eau, ils sont utiles pour indiquer des problèmes d'étanchéité. Ils permettent enfin de détecter une contamination fécale et par conséquent de suspecter la présence de microorganisme entéropathogènes. Solution : Entretien des circuits d'abreuvements

<p>Entérocoques <5/100 ml</p>	<p>Anciennement nommés Streptocoques fécaux. Flore d'origine fécale. Contamination Par des effluents d'élevage ou des Projections de fientes. Témoignent du risque de contaminations fécales par d'autres agents tels que salmonelles, campylobacter....</p>	<p>Résistent aux agents désinfectants et à la dessiccation, ne se développent pas dans les réseaux et constituent un indicateur fiable pour des contaminations fécales plus ou moins récentes. Leur détection en grand nombre laisse supposer la présence de microorganismes <u>entéropathogènes</u>. Solution : Potabilisation +Gestion de la source.</p>
<p>Bactéries anaérobies sulfito-réductrices ASR (et spores) <2 /20 ml</p>	<p>Dans cette famille les Clostridium sont les plus représentés. Contamination fécale, manque d'oxygène et présence de matière organique en décomposition.</p>	<p>Elles sont très résistantes et leur présence est un bon indicateur de la vulnérabilité des aquifères, des puits, ou d'un mauvais entretien des réseaux. Solution : Potabilisation +Gestion de la source.</p>

1.4. Diagnostiquer l'eau

Lorsque les paramètres bactériologiques sont hors normes ou recommandations pour les germes indicateurs ; cela peut conduire à l'apparition des troubles digestifs en élevage. Une forte proportion de flore totale en bout de rampe est le signe d'un développement de biofilm à l'intérieur des canalisations. La présence de biofilm augmente considérablement le risque de bouchage du circuit (principalement des pipettes) à l'occasion d'apports nutritionnels ou thérapeutiques dans l'eau ; et aggrave le développement microbien ; qui peut être très important en période chaude. (Itavi, 2007).

1.4.1. Le biofilm

Le terme de biofilm sous-entend bactéries fixées et exopolysaccharides émis par ces dernières. En réalité, il s'agit d'association de microorganismes (bactéries, champignons, algues) adhérant à une surface (les parois des réservoirs et des conduites du réseau de distribution, les bactéries planctoniques contenues dans l'eau traitée ont tendance à se fixer), fréquemment incluse dans une matrice de mucus plus ou moins imperméable ; la majorité des microorganismes dénombrés et identifiés dans l'eau, provient du biofilm, ce biofilm a une importance primordiale sur le comportement des microorganismes (résistance aux oxydants, métabolisme plus actif). La prolifération micro-organique dans les canalisations en élevage entraînent la formation des fractions de biofilm qui peuvent se détacher à tout moment et être absorbées par les animaux ou boucher les pipettes (Bourgeois et al, 1996 Foulon, 2005 ; Vienot, 2005).

1.4.2. Etapes de la formation du biofilm

- Au contact de l'eau, la surface des tuyaux se recouvre d'un dépôt de matière organique appelé conditionnant. Ce conditionnant neutralise la charge et l'énergie de surface qui empêche les bactéries de s'approcher pour un accrochage initial. La matière organique sert également de nutriments aux bactéries.
- Les bactéries peuvent alors se fixer à la surface des tuyauteries de manière temporaire (adsorption réversible) ou définitive (adsorption irréversible), en formant des structures permettant une adhésion permanente à la surface.
- Les bactéries du bio film (*Pseudomonas*, *Campylobacter*, *E. Coli*, *Salmonelle*,...) excrètent des substances extracellulaires polymériques (glycocalyx constitué de polysaccharides, glycoprotéines) chargées et neutres qui maintiennent le biofilm et le cimentent à la paroi du tuyau. Les filaments de ces polymères agissent également comme un système d'échange d'ions qui piège et concentre le Nutriments. De même, ils protègent les bactéries des désinfectants (Nemedi et al .1971 ; Labonde et al.1979 ;Richard, 1991, Foulon, 2005; Vienot, 2005).
- Pour coloniser l'ensemble de la surface interne des tuyaux, la dissémination du biofilm suit différentes stratégies : libération d'amas algiformes (ou floc bactérien) dans le flux hydrique qui adhère à une surface en aval et se développera ; glissement ou roulement vers l'aval ; migration de bactéries flagellées vers de nouvelles portions de canalisation (Travel et al. 2007).

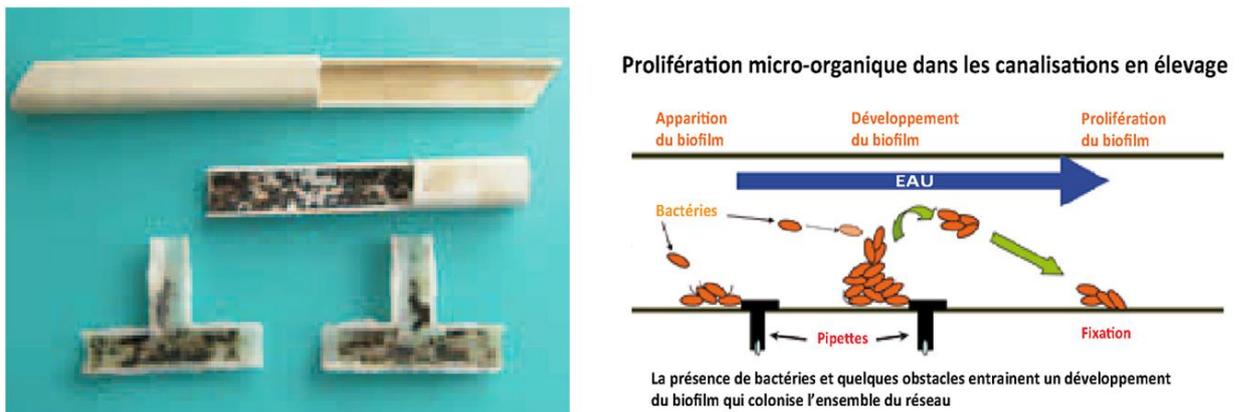


Figure 02 : Etapes de colonisation des canalisations par le biofilm. (Itavi ,2010).

1.4.3. Facteurs favorisant le développement des biofilms

- Un écoulement d'eau lent (les 10 premiers jours de présence des animaux sont marqués par une faible consommation d'eau, ce léger flux dans les canalisations est propice à l'adhésion de bactéries aux parois).
- Le ralentissement et la stagnation d'eau à cause d'éléments hydrauliques (coudes, descentes d'abreuvoirs, systèmes d'abreuvement sans retour au bac où l'eau sous basse pression stagne en bout de ligne (cul de sac).
- Une température de l'eau élevée (de l'ordre de 30°C) dans les canalisations durant les 10 premiers jours d'élevage.
- La nature des parois : la rugosité (privilégier le PVC ou l'inox, pas de canalisations métalliques), la nature ionique ou hydrophobe de la paroi. Plus la paroi est hydrophobe, plus les bactéries ont des facilités à y adhérer.
- La présence de matière organique déposée : une valeur seuil de teneur en matière organique (MO), elle est exprimée en mg de carbone organique dissous biodégradable : CODE < 0.2 mg/L d'eau potable.
- Les produits thérapeutiques et prophylactiques distribués dans l'eau de boisson peuvent devenir des nutriments pour les microorganismes. Il arrive de façon régulière que l'on soit amené à distribuer des vitamines ou des substances médicamenteuses (dont les vaccins) dans l'eau et le

dispositif d'abreuvement. Les solutions vitaminées utilisent habituellement le glucose comme base et les interventions médicamenteuses s'accompagnent souvent de l'utilisation de poudre de lait. Ces substances organiques se retrouvent sur la paroi du système d'abreuvement et dans le biofilm, fournissant aux bactéries des nutriments dont elles ont besoin. (M-Jacquet, 2007).

- Une eau riche en fer peut induire le développement de Ferro bactéries. Des travaux ont montré l'importance du fer dans la survie d'Escherichia Coli en réseau de distribution (Bourgeois et al .1996 ; GDS Côtes d'Armor, 2002 ; Grand Djenan , 2004 ; Rodier et al .2005).

1.4.4. Les conséquences d'un biofilm

Le film qui se développe sur les parois intérieurs des conduites, des réservoirs et des abreuvoirs n'est pas facile à enlever .Il est toutefois essentiels d' y parvenir, car il constitue un environnement idéal pour plusieurs pathogènes sérieux de la volaille.

Les bactéries et autres matières organiques véhiculées par l'eau créent ce biofilm sur la paroi interne de la conduite d' eau sous basse pression. Ce film se développe et il est un substrat pour des colonies actives de pathogènes. Le résultat est que le système d' abreuvement destiné à garder les oiseaux en bonne santé délivre une eau riche en pathogènes, l'eau, qui était propre à la consommation à l' entrée de l'élevage, arrive contaminée aux oiseaux par le dispositif interne.

Lorsque l'oiseau boit, les bactéries entrent dans son tractus digestif, où il règne une température de 41, 1 °C qui agit à l'égard des bactéries comme un incubateur, les maladies provoquées par cette contamination peuvent affecter sévèrement le lot et ses performances.(Jacquet, 2007).

Le biofilm va assurer l'installation et la persistance du pathogène, qui pourra à son tour contaminer les abreuvoirs qui sont des vecteurs de transmission de la bactérie au sein des troupeaux, par les biofilm qui s'y forment. La première étape des maladies entériques implique une adhésion à l'épithélium intestinal.

Desadhésines fimbriaires de la surface bactérienne interagissent avec des récepteurs de la membrane des cellules cibles c'est ainsi que commence la colonisation d'un nouveau biotope, après cette étape commune à chaque pathovar.

L'adhésion va jusqu'au stade intime, ils sont responsables de lésions d'attachement cela modifie le cytosquelette des cellules et détruisent les microvillosités de la muqueuse intestinale.

Pour adhérer et croître en biofilm, on peut penser que les mutations se font comme lors d'un développement en milieu liquide(par des recombinaisons) avec des gènes qui changent et qui s'échappent pour survivre dans un biofilm, il ne faut pas être accroché à son patrimoine génétique, ces agrégats sont constituées d'une flore diversifiée et responsable d'inflammations précurseurs d'ulcères, les microorganismes en biofilm sont particulièrement résistant aux agents antimicrobiens, mais aussi

aux défenses immunitaires de l'hôte ; leur implantations résulte, en effet d'un déséquilibre physiologique des sujets concernées, si on n'y remédie pas, les conditions restent favorables au développement des biofilms pathogènes, l'infection devient chronique .

L'architecture et la présence de matrice du biofilm rendent les bactéries mieux armées pour se défendre contre les anticorps et les globules blancs ; non seulement les biofilms résistent à l'assaut du système immunitaire mais ils sont aussi capables de le neutraliser. (Weir, 1977 ; Briandet et al. 2012). Sans oublier aussi que le biofilm peut perturber le fonctionnement du système d'abreuvement lui-même, il peut engendrer des pertes d'eau qui vont augmenter l'humidité de la litière et l'ammoniaque avec un impact sur la santé du cheptel. (Jacquet, 2007).

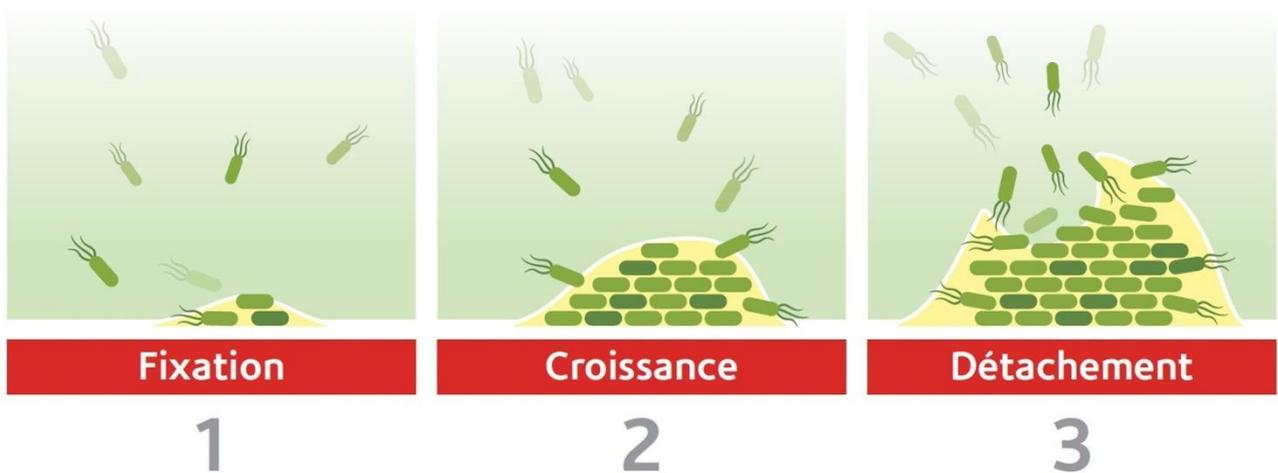


Figure 3 : Comment se forme un biofilm dans une canalisation d'eau
(<http://WWW ; ussec.org /Guide de biosécurité/>. Consulté le29/Janvier/2019).



Figure 4 : Accumulation de biofilm au niveau de la canalisation
(<http://WWW ; ussec.org /Guide de biosécurité/>. Consulté le29/Janvier/2019).

Chapitre n° 02 : Défaillance dans l'écosystème volailles-environnement

Les erreurs d'élevages (accumulation des facteurs de risque) ont un effet de stress sur les volailles et les rendent réceptives à des agents pathogènes secondaires en les perturbant sur le plan anatomo-physiologique et en les immunodéprimants. Ces volailles seront d'autant plus réceptives et elles seront porteuses latentes d'infections. (Annexes 3).

On sait depuis longtemps que les germes agresseurs ne sauraient agir seul ; leurs actions maléfiques se situent dans un complexe pathogène impliquant l'obligation d'étudier de près tout un ensemble de conditions extrinsèques et intrinsèque dites favorisantes. Aussi les travaux précédents étudiaient les effets néfastes de chaque substance prise individuellement, et ne tenaient pas compte des produits chimiques contenus dans l'alimentation dans leur ensemble, alors que de nombreuses interactions alimentaires et environnementales ont une influence sur la tolérance aux différents contaminants de l'eau. (Harant, 1953 ; Drouin, 1988 ; Andrew et al. 2009).

2.1. Facteurs biologique

De nombreux facteurs peuvent intervenir agissant le plus souvent en synergie avec l'agent infectieux considéré souvent comme le principal responsable. Les facteurs déterminants peuvent être intrinsèques (anatomie et physiologie du tube digestif des oiseaux, âge, statut immunitaire, facteur génétiques) ou extrinsèques. (Conditions d'élevages, agents contaminants). (Brugère - Picoux, 1992).

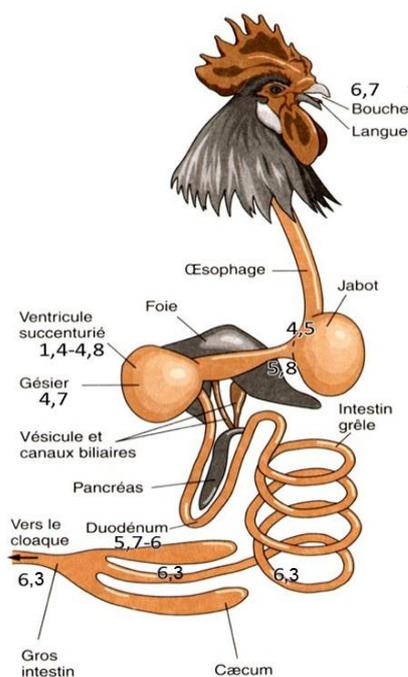


Figure 5 : Organisation du tube digestif avec gradient d'acidité (d'après stukie).

(H. Brugère, 1992 ; E. Villena ; Fernandez, 2003).

2.2. Facteurs intrinsèques

2.2.1. Particularité de la physiologie digestive des volailles

→ Les adaptations fonctionnelles, observées surtout au niveau du segment, sont en parfaite corrélation avec l'anatomie du tube digestif, qui se trouve marquée par l'existence d'un estomac sécrétoire précédant l'estomac mécanique. La présence d'un tube digestif court et d'un transit intestinal rapide, l'existence de deux cæcums, une activité microbienne. A été signalée essentiellement au niveau du jabot et surtout les cæcums la présence de cette flore bactérienne (surtout les bactéries gram négatives) bien qu'elles soient mineures, elle favorise le renouvellement rapide de l'épithélium intestinal. La flore bactérienne du jabot est surtout constituée de lactobacilles (lactobacilles acidophiles), qui contribuent à la baisse relative du pH local, par la sécrétion d'acide lactique, d'acides organiques et d'acides gras volatiles.

→ Les cæcums constituent un milieu favorable pour la multiplication bactérienne : le milieu est anaérobie, très liquide, stagnant partiellement (l'évacuation ne se fait que 6 à 8 heures en moyenne), et le pH est de l'ordre de 6,5 et 7,5, on y trouve même de l'urine en nature, à la suite des reflux antipéristaltiques rectaux.

→ Les coecums jouent un rôle important dans l'économie de l'eau, et les réabsorptions pourraient se faire par le biais des transferts issus de l'activité microbienne. (Souilem et al .1994).

2.2.2. La flore intestinale

Elle s'accroît du pylore au colon avec un équilibre physiologique entre les différentes bactéries.

→ Du type colibacilles : 10^6 à 10^8 UFC/gr du contenu intestinal.

→ Du type entérocoque : 10^4 à 10^6 UFC/gr.

→ Du type sulfite réducteur : 10^3 à 10^4 UFC/gr.

Ce sont des germes anaérobies, facteurs d'entérites nécrotiques quand ils prolifèrent. On parle de flore saprophyte de barrière qu'il faudra toujours préserver.

Sachant que la vitesse du transit et la nature de l'alimentation peuvent modifier cet équilibre :

→ Un ralentissement (favorable à l'augmentation des bactéries, agents des entérotoxémies).

→ Un apport de grande quantités de glucides (amidon, sucres) facilite la sporulation des germes et la libération d'entérotoxines.

→ La flore peut être aussi perturbée par des traitements antibiotiques abusifs. (Villate, 2001).

→Les caractéristiques bactériologiques et chimiques de l'eau (l'absence d'oxygène dans l'eau favorise

la prolifération des bactéries anaérobies au détriment des bactéries aérobies ; présence de matières organiques est souvent synonyme de mauvaise qualité biologique et peut faire suspecter une contamination microbienne, les matières organiques pouvant être utilisés par les micro-organismes soit comme support soit comme nutriments ; pH alcalin) favoriserait l'infection en modifiant la flore intestinale. (Richard ,1996 ;Villate, 2001 ;Puterflam, 2005).

2.2.3. Le statut immunitaire des animaux

Les poussins issus des poulets bien immunisés seront protégés pendant leur jeune âge. Donc qu'il s'agisse de l'immunité passive d'origine maternelle ou de l'immunité active, celle obtenue par la vaccination contre les principales maladies immunodépressives le statut immunitaire doit être considéré. Nous savons que un des facteurs immunitaire des oiseaux susceptibles d'affecter le fonctionnement normal du système est l'alimentation, le taux de prolifération des cellules des organes lymphoïdes est l'un des plus élevés de tous les tissus du corps une déficience alimentaire (alors que les besoins en eau sont grossièrement parallèles au niveau calorique des ingesta) peut donc compromettre l'activité des lymphocytes; (Pastoret et al, 1990 ; Bisimwa, 1991; Brugère Picoux, 1992 ; Jacotot, 1992).

2.2.4. L'âge

L'âge des oiseaux est surtout important à considérer, en raison de la plus grande sensibilité des jeunes au stress thermique et les besoins en eau, l'eau est indispensable à la vie des tissus et toute perte doit être compensée, chez le poussin, 70 % de l'eau se trouve à l'intérieur des cellules et 30% dans l'espace interstitiel ainsi que dans le sang. La consommation d'eau est particulièrement importante au démarrage, puisque à un jour, une volaille consomme la moitié de son poids en eau. L'eau joue un rôle important dans la croissance des animaux et dans l'entretien de leurs tissus corporels, des animaux perdent de l'eau corporelle par l'expiration d'air, dans l'urine, dans les matières fécales ainsi que par l'évaporation cutanée. Des problèmes d'abreuvement peuvent dans certains cas amené des maladies voir entrainer de la mortalité chez les animaux. (Larbier et al. 1992 ; Jacotot et al .1992).

2.3. Facteurs extrinsèques

2.3.1. La température du bâtiment

Les oiseaux consomment plus d'eau lorsque la température augmente. L'un des moyens pour eux de réguler la température corporelle est de rejeter de la chaleur en évaporant l'eau à travers le système respiratoire en haletant. Lorsqu'ils halètent, l'eau perdue doit être remplacée afin de maintenir l'équilibre de l'eau dans le corps, la consommation d'eau peut alors doubler voire tripler durant un coup de chaleur. Lorsque les mécanismes de thermorégulation ne fonctionnent plus, cela entraîne la mort des volailles (Dennery et al. 2012).

2.3.2. La température de L'eau

De nombreuses études ont mesuré l'intérêt de donner de l'eau froide à des animaux durant un coup de chaleur. Dans la majorité des essais, une diminution de la température de l'eau améliorerait les performances des poulets de chair et des poules pondeuses. Toute température d'eau inférieure à la température du corps serait bénéfique. (Beker et Teeter, 1994 ; Dennery et al. 2012).

2.3.3. Effets de l'alimentation sur la consommation d'eau

- La composition de l'aliment de manière générale, un nutriment qui entraîne une excrétion minérale à travers les reins entraîne également une augmentation de la consommation d'eau. La consommation d'eau est notamment liée à la teneur en **protéine** des aliments. Des acides aminés en excès ne seront pas utilisés pour la synthèse des protéines, mais seront catabolisés et excrétés en acide urique dans les urines. Cette excrétion engendre une perte d'eau (Dennery et al. 2012).

Un excès de **sel** ou de **potassium** entraînerait également une surconsommation d'eau.

Ainsi, l'utilisation de matières premières riches en potassium telles que le tourteau de soja et la mélasse augmente la consommation d'eau chez les poulets.

- Les électrolytes l'ajout d'électrolytes permet non seulement de remplacer les électrolytes perdus lors d'un coup de chaleur, mais aussi de stimuler la consommation d'eau. Ces deux effets cumulés permettent de réduire la mortalité due aux coups de chaleur. Des essais ont été menés pour mesurer l'impact des modifications de la balance électrolytique, notamment en conditions chaudes. Ils montrent que les consommations d'eau augmentent de manière linéaire avec l'augmentation de la DEB (Na +K -Cl) ce qui entraîne des litières plus humides. (Borges et al. 2003).

2.3.4. Le cycle lumineux

La lumière est un autre facteur environnemental qui influence la consommation d'eau. Deux pics de consommation sont communément observés. Le premier pic se situe juste après l'allumage de la lumière et le second avant extinction des lumières. Les oiseaux anticiperaient en effet l'arrivée de la période d'obscurité, le matériel doit permettre de fournir suffisamment d'eau lors de ces pics afin de ne pas dégrader l'ingestion de l'aliment et, par conséquent, les performances des animaux. Ces pics s'observent moins en période chaude, où les animaux ont tendance à consommer plus régulièrement de l'eau au cours de la journée pour réguler leur température. (Dennery et al. 2012).

2.3.5. L'eau d'abreuvement

Il est indispensable de s'assurer de la potabilité de l'eau d'abreuvement et de s'assurer de sa qualité bactériologique.

Pendant les deux premiers jours au moins n'utiliser que de l'eau propre et tiède en grande quantité (à 16-20°C). Lors du passage des petits abreuvoirs de démarrage aux abreuvoirs normaux, maintenir les premiers alimentés, pendant 8 à 10 jours au moins jusqu'à ce que les poussins aient pris l'habitude des seconds.

La hauteur des abreuvoirs et des mangeoires sera réglée en fonction de la taille des animaux (au niveau du dos des animaux) de façon à limiter les débordements d'eau sur la litière et le gaspillage d'aliment.

La gestion de l'abreuvement apparaît comme un facteur majeur de variations des performances (troubles digestifs), beaucoup de problèmes d'élevage sont provoqués par une mauvaise maîtrise de la qualité de l'eau, en particulier des entéropathies, certains auteurs préconisent de restreindre l'accès à l'eau pour éviter des problèmes d'humidité de litières.

Cependant, cette technique entraîne une diminution de l'ingestion d'aliment qui peut compromettre les performances, chez les animaux jeunes, un manque de place à l'abreuvoir se traduira par un ralentissement de la croissance ; un stress peut devenir sévère si les volailles manquent d'eau (Wallace, 1963 ; Wilson et Edwards, 1952 ; Van der Horst Florance, 1988 ; Feddes et al. 2002 ; Dennery et al ; 2012).

Sous climats chauds, la disponibilité de l'eau est encore plus importante, les besoins augmentent beaucoup. Attention Les eaux stagnantes conservées dans des réservoirs finissent par s'altérer. C'est le déficit en oxygène qui est la cause de cette évolution.

L'eau ne conserve alors pas la même composition dans toute sa masse ; le taux d'oxygène dissous est un des paramètres les plus sensibles à l'apport de pollution organique dans un cours d'eau aussi la solubilité de l'oxygène dans l'eau diminue lorsque la température augmente.

(Bontoux, 1953 ; Bénézeche, 1958 ; Vaillant, 1973 ; Dagher, 2003).

Chez la poule, ses besoins varient : en fonction de la souche, du stade de croissance, pour le poulet de chair ses besoins se situent autour de 15gr par jour au cours de la première semaine d'âge et progresse d'environ 30gr par semaine jusqu'à la fin d'engraissement. (cf, Tableau2).(Fontaine, 1992).

Age (en semaine)	Consommation moyenne d'aliment par semaine (kg)	Consommation d'eau par semaine(en ml)	Poids moyen par semaine
1	95	200	104
2	207	300	246
3	322	300	437
4	421	500	663
5	511	500	908
6	589	700	1.189
7	657	700	1.451

Consommation d'eau pour 1000 poulet de chair(en ml par semaine et par oiseau). Basé sur des données du conseil national de recherche (1994). Il faut garder à l'esprit que pour exploiter au maximum le potentiel des animaux à rendement élevé, il faut leur fournir de l'eau propre, fraîche et de bonne qualité en quantités importante.

2 .3.6.La gestion d'une litière

En bon état c'est une litière sèche friable, les matériaux les plus utilisés pour la volaille sont les copeaux de bois et la paille hachée. L'épaisseur de la litière est comprise entre 6 et 10cm.

Lorsque la litière est friable sa température monte aux alentours de 27°C .Cette chaleur est due à la dégradation des fèces par les bactéries.

Il arrive que la litière soit surpassée et ait besoin d'être recouverte par une litière fraîche.

Le contact direct avec la litière humide est ainsi évité et le bien être animal amélioré.

De tous les facteurs qui affectent l'humidité de la litière le plus important est probablement le type et le management du matériel d'abreuvement, il est essentiel que les abreuvoirs soient toujours à une bonne

hauteur en adéquation avec la taille des oiseaux (Figure 9,10).pour éviter la formation d'une croûte sur la litière, sous et autour du dispositif d'abreuvement, une litière croutée, de mauvaise qualité, augmente le risque sanitaire, aussi les élevages présentant une meilleure qualité bactériologique de l'eau obtiennent les meilleurs résultats techniques et moins de problèmes de santé.

Pour juger de la friabilité de la litière, saisissez une poignée et comprimez-la si, lorsque vous ouvrez votre main, la litière tombe en morceaux, cela indique que sa teneur en humidité est d'environ 20-25%. Par contre, une litière humide restera en masse compacte lorsque la main s'ouvrira. (Bouvarel, 2005, Jacquet, 2007, Christèle, 2009). (cf. Annexe 4, 5, 6).

2.3.7. La ventilation

La ventilation représente le point essentiel à la maîtrise de l'ambiance. Elle vise le renouvellement de l'air. Afin :

- . → D'apporter l'oxygène, en apportant de l'air en suffisance et en chauffant si cela est nécessaire, car lorsque l'humidité relative dans un bâtiment dépasse 70% l'humidité contenue dans la litière augmente et sa qualité baisse.

- . → D'évacuer le gaz carbonique et les gaz nocifs produits par la litière.

(Clapets latéraux bien réglés empêchent l'air froid de tomber directement sur la litière et de l'humidifier.)

- . → D'éliminer les poussières, l'eau produite par les animaux sous forme liquide et vapeur.

- . → Enfin de réguler l'ambiance afin d'obtenir l'équilibre thermique du bâtiment.

(Lemenec, 1993 ; Jacquet, 2007).

2.3.8. Systèmes d'adduction d'eau et d'abreuvement en élevage avicole

Les systèmes d'adduction d'eau en élevage de poulets sont nombreux, mais peuvent se décomposer en 3 parties, à partir de la source d'eau jusqu'à l'aval, c'est à dire : avant le bâtiment et dans le bâtiment (Tableau 4).

Aussi, la nature du matériau support est importante ; certains d'entre eux permettant un meilleur accrochage : le polyéthylène est reconnu comme donnant des biofilms moins importants en concentration bactériennes, les numérations bactériennes fixées sont supérieures sur des canalisations en ciment que sur du chlorure de polyvinyle (Haudidier et al, 1988, Paquin et al, 1991).

Les canalisations des réseaux de distribution sont souvent source de relargage de carbone organique : canalisations en fibro - ciment, ou en revêtement de ciment sur acier, où l'utilisation de plastifiants ; canalisations en chlorure de polyvinyle(PVC), ou en polyéthylène ; joints en caoutchouc ou en polymère synthétique ; pate à joints, etc.

Une étude a été faite sur les quantités de nutriments (sous forme de C.O.A) carbone organique assimilable relargués par les conduites en polymères organiques, et mesuré la croissance bactérienne potentielle résultante. La décroissance des quantités émises est importante après un mois, sauf pour le PVC Plastifié, qui relargue des taux extrêmement élevé, sans diminution durant ce laps de temps (Van Der Koou, 1982). (Tableau 3).

Aussi les bactéries fixées totales (mortes et vivantes) étaient plus nombreuses sur des tuyauteries en ciment que sur des tuyauteries en chlorures de polyvinyle (quatre fois plus environ) ; ils attribuent cette différence à des propriétés d'ancrage, favorisant la fixation et défavorisant l'arrachage cette différence se retrouve aussi sur les bactéries actives (Haudidier et al, 1988).

Aussi des problèmes de contamination bactérienne d'eau de distribution, suite à des proliférations au contact de revêtements anticorrosion, à base de bitume.

Les contaminations ne disparaissent pas par une chloration poussée, ce qui laisse supposer une formation abondante de biofilm. (Bernhardt et Liesen, 1988).

Le contrôle du biofilm passe donc par une connaissance des matériaux, de leurs taux de relargage en carbone assimilable en fonction du temps, de leur faculté à permettre l'ancrage bactérien, et par un choix en conséquence, lors de renouvellements de conduites ou de poser des canalisations nouvelles.

De même il ne faut pas oublier que les revêtements intérieurs des réservoirs ont pour mission première d'assuré l'étanchéité des ouvrages ; ils doivent être de qualité alimentaire, c'est-à-dire ne relarguer dans l'eau aucun toxique ni produit sapide (susceptible de le devenir en présence de chlore, comme certains revêtements bitumineux contenant des phénols). (Haslay H et al, 1993).

Tableau 3 : Relargage organique par la conduite plastique et potentielle de reviviscence bactérienne résultant. (Van Der Koou et al .1982).

Matériau	1 ^{er} Semaine		Après 1 mois	
	COA	Croissance	COA	Croissance
Polyéthylène	0.045	18.5	0.007	2.65
Pvc	0.225	92.5	0.012	5.3
Pvc plastifié	0.95	390	0.95	390
Silicone	0.465	192	0.028	1.5

- La COA est exprimé en μg carbone (équivalent Acétate)/ cm^2 . jour
- La Croissance bactérienne est exprimée en 10^4 UFC (Unités Formant Colonies / cm^2 . jour).

Tableau 4 : Matériel recommandé dans les bâtiments. (Source: Le Boucher, 2004; Vienot ,2004a; Le Douarin, 2005 ; Travel, 2007).

Avant le SAS	Au SAS	Dans le bâtiment
<p>Il peut y avoir :</p> <ul style="list-style-type: none"> -Arrivée d'eau sous pression par le réseau public ou le pompage d'eau à partir d'unforage/puits/eau de surface avec un système de mise en pression ; -Matériel de traitement physicochimique permanent (adoucisseur, déferriseur, dénitrificateur) ; -Traitement de désinfection permanente (chloration, peroxydation avec une pompe doseuse) -Cuve d'eau (pour assurer un temps de contact de 20 min entre le chlore et l'eau). 	<p>Tableau d'eau :</p> <ul style="list-style-type: none"> * clapet anti-retour (évite un reflux vers la source d'eau) * compteur volumétrique d'eau (Annexe 7) (suivi de la consommation d'eau) * un/des réducteur(s) de pression * manomètres (contrôle la pression dans les canalisations) * dérivation du réducteur de pression pour rincer les canalisations sous pression * 2 filtres successifs de grande et faible porosité pour capter des MO et matières en suspension (Figure 5) -Matériel de traitements ponctuels (pompe doseuse ou bac grand volume : > à 500 L)(Figure 7) - Dy-pass (dérivation) du matériel de traitements ponctuels - Une pompe de circulation d'eau si un grand bac est présent. Elle envoie l'eau vers les abreuvoirs - Double circuit pour alimenter indépendamment en eau les mâles et les femelles retour au bac : une canalisation ramène continuellement l'eau non bue : circulation continue de l'eau entre le grand bac, la pompe de circulation, les abreuvoirs et le retour dans le grand bac au sas 	<ul style="list-style-type: none"> - Lignes d'abreuvoirs type rond à cloche, pipette, coupelle ou godet - Eventuellement un système de purge en BL lorsqu'il n'y a pas de retour au bac pour chasser l'eau en BL à l'extérieur du bâtiment - Matériaux constitutifs des tuyaux: <ul style="list-style-type: none"> * PVC au SAS * polyéthylène pour amener l'eau au SAS et vers les abreuvoirs * des tuyaux d'arrosage pour des raccords et pour les systèmes de purge dans le poulailler. // existe 3 types de polyéthylène : <ul style="list-style-type: none"> - Polyéthylène basse densité PEBD (tout noir et semi rigide) (Figure 6) - Polyéthylène haute densité PEHD (noir à rayures bleues) - Polyéthylène réticulé PER (bleu) Le PVC et les polyéthylènes favorisent peu le développement du biofilm. En revanche, des coudes en galvanisé et des raccords en laiton peuvent être présents au niveau des traitements permanents. Ils ont une aspérité intérieure importante qui favorise le biofilm (Annexe 8)



Figure7 : Traitement de désinfection Permanente + une cuve d'eau (Itavie, 2010)



Figure 6 : Polyéthylène haute densité polyéthylène Basse Densité, Polyéthylène réticulé (Itavi ,2001).

2.4. Les abreuvoirs

Les types ont une incidence sur la qualité bactériologique de l'eau de boisson.

Ils peuvent être répartis en 4 types :

2.4.1. Le système des gouttières

Installées dans toute la longueur du bâtiment dans lesquelles s'écoule continuellement l'eau provenant d'un puits ou de toute autre source fraîche le système évite les inconvénients de l'eau stagnante on peut facilement empêcher le développement des algues et la profondeur de l'eau et suffisante pour permettre aux oiseaux de tremper leur barbillons et leur crête. (Brugère. Picoux ,1992).



Photo source personnelle

Figure 8 : Le système des gouttières

2.4.2. Abreuvoirs ronds à cloche

Type «Plasson », proposent un volume d'eau stagnante importante selon le réglage. Selon une étude des Côtes d'Armor (2002), plus les volumes d'eau stagnante sont importants et les besoins des animaux faibles, plus le développement des bactéries est facilité («bouillon de culture »). Les animaux souillent rapidement l'abreuvoir par le trempage de leur bec dans l'eau qui apporte germes et aliments. Ce type d'abreuvoir ne facilite donc pas le maintien d'une bonne qualité d'eau. (Travel et al. 2007).



Figure9 : Abreuvoir en cloche (Itavi, 2012).

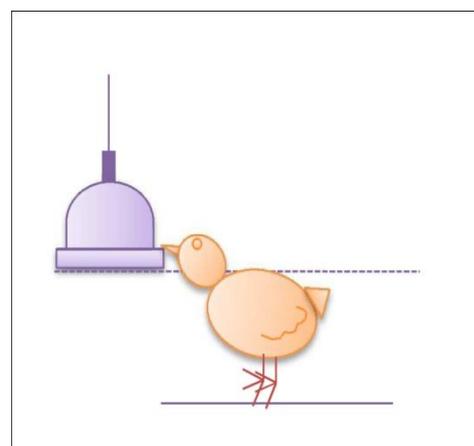


Figure10: Hauteur idéale d'un abreuvoir de type cloche le bas de l'abreuvoir doit être aligné sur l'épaule du poulet ou poussin

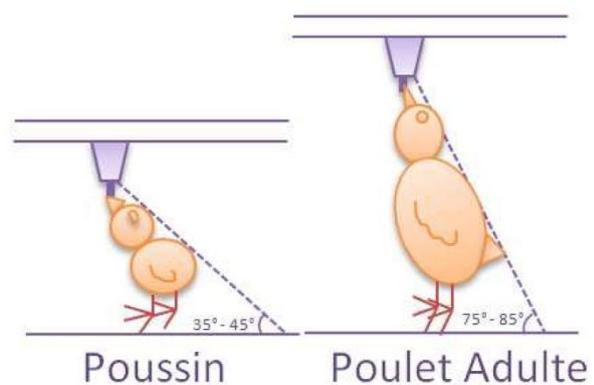
2.4.3. Les pipettes

Ces dernières années ont vu les élevages avicoles délaisser les abreuvoirs en cloche au profit des pipettes, ces derniers diminueraient le gaspillage et amélioreraient la qualité de l'eau, aussi induit une diminution de l'humidité des litières et donc de la volatilisation de l'ammoniac et des ampoules au bréchet de plus le poulet ingère directement l'eau à la tétine donc les risques de contamination sont réduits à l'interface eau-poulet.

Dans le cas de démarrage, on utilise une pipette pour 15 poussins et en finition une pipette pour 15-18 poulets (Itavi, 2012).



Figure 11 : Abreuvoir en pipette, réglage correct d'une pipette, l'angle du dos de l'animal doit former l'angle entre 35° et 45° pour le poussin, et 75° et 80° pour un poulet. (Itavi 2012).



2.4.4. Les godets ou coupelles

Ils sont apparus récemment. Ces abreuvoirs sont en ligne ou par bloc de 4 à 5 coupelles.

Les poulets boivent dans la coupelle le bec vers le bas.

Elles appuient sur une soupape qui permet l'entrée d'eau sous une pression de 200 à 1000 g/cm².

La coupelle est toujours partiellement remplie d'eau.

Un volume d'eau stagnante et la présence de collerette qui augmente la surface des abreuvoirs favorisent la possibilité d'une contamination par les poussières. (Travel et al. 2007).



Figure 12 : Le système godet est une solution alternative à la pipette et l'abreuvoir. (Itavi, 2012).

2.5. Médicament

Il serait absurde de condamner l'emploi de tout médicament.

Servi avec intelligence, chaque médicament à sa place, et il en a même quelques-uns que l'on peut employer régulièrement.

Les vermifuges sont un stress, mais ce stress ne dure qu'un jour, tandis que les vers sont un stress continu.

Les sulfamides administrés en dosage contrôlé, peuvent être un stress modéré. Surdoses, ils deviennent un stress excessivement fort, particulièrement par temps chaud dans l'eau, quand les volailles boivent beaucoup plus que l'habitude.

Les antibiotiques ne causent pas de stress, même quand on les donne régulièrement ; ils peuvent néanmoins causer indirectement un stress en détruisant la flore intestinale ; il est sage d'en faire un usage modéré et de les employer seulement en cas de besoin. Ainsi, ils conservent toute leur force d'action.

Le sulfate de cuivre n'est pas un stress en dosage prescrit, mais il peut le devenir quand il est broyé et mélangé défectueusement ou qu'on en donne trop.

Ne le servez pas avec des sulfamides. (Wallace, 1963).

Le confort des animaux est lié à un ensemble de paramètres. C'est le meilleur compromis en faveur de l'animal et par rapport aux coûts de gestion que l'éleveur devra constamment, nuits et jour, s'attacher à obtenir. (Lemenec, 1993).

Chapitre n° 03 : Rôle de l'eau dans la transmission des maladies d'origine bactérienne

3.1. Transmission hydrique

Les agents responsables qui ont contaminé l'eau proviennent du milieu extérieur, des individus malades, des porteurs sains, ou des animaux, qu'on appelle communément des réservoirs de germes. Si ces micro-organismes, potentiellement pathogènes, conservent dans l'eau leur viabilité en même temps que toutes leurs propriétés intrinsèques, alors le cheptel pourra faire la maladie en absorbant de l'eau contaminée. (Haslay et al. 1993).

3.2. Réservoir des germes

L'agent pathogène peut être porté par l'homme ou l'animal, soit en incubation de la maladie, soit au cours de la maladie (porteurs malades), dans le cas des maladies hydriques, les agents contaminants proviennent habituellement du tube digestif de l'homme ou de l'animal et sont éliminés principalement par les matières fécales, parfois rhino-pharyngée, la température normale de développement de ces germes est aux alentours de 37°C ; et qui sont accoutumés à un milieu nutritif (matières fécales, urines, ou mucus des voies respiratoires), riche en matières organiques, on parlera de survie de ces microorganismes dans l'eau, et non de la multiplication, la plupart de ces infections sont des anthroozoonoses sévissant aussi bien chez l'homme que chez l'animal. (C.Haslay et al, 1993).

3.3. Mode de transmission

On sait que plusieurs maladies gastro-intestinales peuvent être associées à la consommation d'eau. Les agents pathogènes véhiculés par l'eau d'alimentation se transmettent évidemment par la voie digestive, dans les déjections de porcs, de volailles et de bovins, les scientifiques ont décelé la présence d'E.Coli, de Salmonelles, et de Campylobacteries, les principaux responsables de la contamination de l'eau potable. Les chercheurs ont noté qu'une fois sortis des intestins des animaux, ces Coliformes survivent grâce à la température élevée, à la forte humidité et au manque d'aération dans les fumiers. Et que dans l'eau, la plupart subsistent des jours, voire des mois. L'excrétion des bactéries entéropathogènes dans les matières fécales des animaux de ferme semble avoir un comportement saisonnier, en effet, pendant la saison des pluies les conditions sont très favorables (humidité et chaleur supérieur à 30°C) pour le développement bactérien. Aussi, les changements de conditions climatiques provoquent un stress important et une diminution de l'immunité qui entraîne une augmentation de l'excrétion des bactéries dans les fèces et permet la diffusion de l'infection. (Dean et al. 1991; Dowd et al. 1997; Haslay et al.1993; Dinh Nam Lam et al. 2000; Guilbert, 2002).

3.4. Doses infectieuses

La présence de bactéries pathogènes dans une eau d'alimentation est toujours indésirable, mais elle ne signifie pas pour autant que les individus ou les animaux qui absorberont cette eau contaminée seront infectés ou seront malades. Encore faut-il, en effet que la dose ingérée soit « infectieuse ». La dose des bactéries dites virulentes (*Salmonella*) nécessaire pour infecter des hôtes, même immunocompétents, est relativement faible. Par contre, les bactéries dites pathogènes opportunistes ne sont infectante qu'à hautes doses. (Haslay et Leclerc, 1993 ; Berche, 1988 ; Sutra et al. 1998).

3.5. Cause des épidémies

La principale cause des épidémies est l'eau de nappe non traitée contaminée, mais la cause la plus fréquente des cas de maladies est une déficience de traitement, Le traitement de désinfection : absence, interruption ou insuffisance de traitement aussi les incidents dans les circuits de distribution. (Haslay et al. 1993).

3.6. Les entérites

Sont définies comme des altérations de la sécrétion de l'absorption et de la motilité liées à une inflammation de la muqueuse. Elles entraînent une atrophie des villosités unité fonctionnelle absorbante de la muqueuse, et une hyperplasie des cryptes ; siège de la régénération de la muqueuse intestinales et de la sécrétion des mucines agissant contre les agents pathogènes. Une des conséquences est une augmentation du volume du fluide intestinal ; provoquant des diarrhées, l'animal est en diarrhée lorsque les fèces sont à la fois liquides et trop fréquentes. Dans les conditions normales, les fèces renferment entre 40 et 60 p100 d'eau, les coecums se vident totalement 2 à 3 fois par jour chez le poulet de chair. (Figure 13 ; 14).

(Ruff et al. 1981 ; Pecher, 1982, Hoerr, 1998).



Figure 13 : Fiente coecale anormale (Jaune caramel).



Figure 14 : Fiente coecale normale (marron)
La couleur des fientes peut être utilisée comme indicateur d'apparition de diarrhée.

3.6.1. Les troubles digestifs non spécifiques

La diarrhée peut être due à de nombreux facteurs : la qualité et la quantité d'aliment ingéré, et les agents infectieux comme les parasites qui sont responsables de la majorité des troubles digestifs, il s'agit des coccidies de type *Emierai*, les affections bactériennes sont variées les plus courantes de type *Escherichia coli* et les salmonelles et *campylobacter jejuni* qui peuvent être à l'origine d'entérites, les affections virales sont la cause d'entérites associées à la présence d'un ou plusieurs virus comme par exemple l'entérite hémorragique. Si l'agent responsable d'une entérite n'est pas connu, on parle alors " d'entérite non spécifique" toute fois, les pathologies infectieuses représentent bien souvent des syndromes au sein des quels plusieurs agents infectieux s'ajoutent à des facteurs d'ordre techniques de maîtrise des conditions d'élevage. Les troubles digestifs peuvent connaître l'influence d'un paramètre d'élevage et l'importance de connaître l'influence de la qualité de l'eau de boisson, sur leur apparition, 60% des syndromes digestifs sont des entérites non spécifiques et cela avant 42 jours (Pilet, 1979 ; Larbier et al, 1992. Pearson et al. 1993 ; Verozy et al. 2002 ; BouvareII, 2005).

3.6.2. Conséquences

Le dysfonctionnement de l'activité digestive peut avoir des manifestations variées tellesque :

- Une augmentation de la fréquence d'émission et de la teneur en eau des fientes.
- La diarrhée contribue fortement à augmenter l'humidité de la litière.

Le phénomène s'accroît lorsqu'en outre la température environnante est froide ou modérée et que la ventilation est insuffisante. Dans ce cas, l'humidité de l'air se condense l'excès d'eau

favorise les fermentations microbiennes. Celles-ci alcalinisent le pH, qui passe de 5 à 8.5 d'où la dégradation bactérienne de l'acide urique en ammoniac.

- L'environnement devient préjudiciable à la santé de l'animal une baisse de la consommation alimentaire, la prostration des animaux et une perte de poids.
- L'excès d'ammoniac a des effets nocifs sur la physiologie respiratoire de l'animal
- Une litière humide favorise les ulcérations de la peau (croûtes plantaires) et surtout provoque des dermatites en particulier au niveau du bréchet (ampoule). L'augmentation des saisies à l'abattoir (cachexies, arthrites, plumages souillés). les carcasses présentent ces défauts qui sont fortement dépréciées.(Annexe 9).
- Les litières grasses peuvent également entraîner l'augmentation de charge par le chauffage et par l'ajout de litière.
- De plus, l'augmentation du renouvellement cellulaire et la production de mucines conduit à un détournement de protéines au détriment de la croissance des animaux, et donc une baisse de l'efficacité alimentaire.
- Les cellules des villosités peuvent également être immatures, ce qui conduit à un fonctionnement moins efficace du tube digestif (Larbier et al. 1992 ; Dibner et al. 1996 ; Belloy, 2003 ; Bouvarel et al .1992).

Des infections secondaires auxquelles les poules peuvent résister en circonstances normales ont des chances de se multiplier si la santé est minée par une maladie infectieuse Dans chaque cheptel le nombre d'infections secondaires, qui normalement n'ont aucun effet, attendent leur chance de se manifester. Ne leur donnez pas cette chance. (Wallace.1963).

Chapitre n° 04 : Normes et paramètres physico-chimiques de l'eau

4.1. Normes et valeurs préconisées en élevage de volailles

Dans l'eau de nombreux éléments peuvent se retrouver, et certains d'entre eux peuvent avoir des répercussions importantes sur la qualité de l'eau, la plupart de ces éléments sont toxiques pour l'animal et l'homme. C'est la raison pour laquelle des normes d'usage sont apparues. Ces normes ont pour but d'une part de permettre l'usage d'abreuvement des volailles et d'autre part ne pas faire courir de risque indirecte pour l'homme qui mange ces volailles (Montiel, 2007).

Contrôler l'eau distribuée aux animaux qui doit être d'un niveau de qualité adéquat pour les animaux en cours de production (AFSSA, 2005).

4.2. Interactions engendrées par les paramètres physico-chimiques

Les paramètres physico-chimiques de l'eau peuvent engendrer des interactions négatives avec les animaux, les traitements désinfectants de l'eau ainsi que les traitements prophylactiques lorsque les teneurs préconisées en élevage ne sont pas respectées.

4.2.1. Interpréter les caractéristiques physico-chimiques

4.2.1.1. Le pH et rH

❖ Le pH

Est une mesure de l'activité des ions d'hydrogène d'une solution, il est défini comme le logarithme négatif de la concentration en ions hydrogène d'un milieu. Le pH d'une eau est lié à la nature des sols traversés par l'eau, en général les sols granitiques sont plutôt acides et les sols calcaires basiques. Le pH exprime si l'eau est à réaction acide ou alcaline. L'échelle pH est une échelle exponentielle ce qui veut dire que lorsque le pH augmente ou diminue d'une unité, la concentration d'ion H⁺ change par un facteur de 10 par exemple, une solution avec un pH de 8,0 est 10 fois plus alcaline qu'une solution avec un pH de 7,0 et une solution avec un pH de 9,0 est 100 fois plus alcaline qu'une solution avec un pH de 7,0. (Rankin ; 1918 ; Rodier et al. 2009). Le pH n'a pas de signification hygiénique, mais il représente une notion importante dans la détermination de l'agressivité de l'eau, vis-à-vis des métaux. Les valeurs limites du pH sont comprises entre 6,5 et 8. Au dessous de ce seuil, l'eau est dite agressive elle a un effet corrosif sur les canalisations, et peut conduire à la dissolution de certains métaux

toxiques tel que le plomb des conduites. Aussi Les bactéries se multiplient, plutôt en milieu neutre ou légèrement alcalin

(pH 7 à 7,5). Le pH a une grande incidence sur l'équilibre ionique du milieu, c.-à-d. sur la perméabilité cellulaire et la disponibilité des substrats (Le pH agit sur la structure des composés, dissociés ou non et donc sur le transport, sur les activités cellulaires). Pour la plupart d'entre elles, ces limites sont assez larges : E. Coli se multiplie à partir de pH 4,4 et jusqu'à pH 8.

Les lactobacillus exigent un pH bas, voisin de 6, inversement, d'autres espèces bactériennes tolèrent ou se développent à des pH élevés. Les vibrio se reproduisent au pH optimal de 9, cette propriété est mise à profit pour leur isolement sélectif, à partir des milieux fortement contaminés comme les matières fécales où les eaux polluées, on les appelle basophiles.

❖ Le potentiel d'oxydo-réduction (rH)

Est une mesure qualitative de la capacité d'une substance à libérer des électrons au sein d'un système biologique, ce facteur dépend de la nature des substances dans le milieu (oxydantes ou réductrices) mais également l'aération (aérobiose ou anaérobiose) L'O₂ accepteur d'électrons dans le métabolisme énergétique augmente le rH. Le potentiel d'oxydo-réduction des eaux et des sédiments est aussi d'une grande importance écologique. Chaque groupe physiologique est caractérisé par une valeur particulière rH, la consommation d'oxygène par les bactéries abaisse les valeurs de rH, Tandis qu'un apport d'oxygène les augmente (Wallace, 1963 ; Haslay et al. 1993 ; Guezlane-Tebibel et al. 2008).

4.2.1.2. Matière Organique

La croissance bactérienne est dépendante des besoins nutritionnels et, en particulier, de la matière organique, dans les eaux souterraines ou dans les eaux de surface, le microbisme dépend essentiellement des substances organiques présentes et de l'oxygène disponible, en présence d'un taux suffisant d'oxygène, les matières organiques sont oxydées ou minéralisées en sous-produits, CO₂, nitrate, et sulfate ; ces conditions privilégiées ne sont pas toujours réunies dans les aquifères, qu'ils soient souterraines ou de surface, par suite de l'épuisement de l'oxygène dissous et en conséquence, de la diminution du potentiel d'oxydoréduction de l'eau. De telles circonstances favorisent la réduction microbienne de certaines substances, telles que les sels de fer et de manganèse tétravalent, les nitrates, et les sulfates, etc.... pour donner naissance à des produits inacceptables, comme les sels ferreux et manganeux, l'ammoniaque, les nitrites, le méthane, l'hydrogène sulfuré et d'autres composés réduits du soufre, à ce stade, certains micro-organismes, produisent au cours de leur croissances, des gaines,

aussi des substances muqueuses qui s'incrument d'oxyde de fer ou de manganèse, ces substances, non seulement colorent l'eau et lui donnent des goûts et des odeurs désagréables, mais de plus, peuvent colmater les filtres, et gêner le traitement, et la distribution de l'eau de consommation.

4.2.1.3. Les ammoniums

La présence traduit une oxydation, ou incomplète de matière organiques et un développement microbien, conséquence d'une pollution organique d'origine végétale ou animale. Premier stade de la dégradation des substances azotées. Témoin de la précocité d'une pollution ; ($N = NH_4^+ < 0,5 \text{ mg/l}$) .(Itavi, 2001 ; Luc. Guérine et al .2011).

4.2.1.4. Nitrites

Les fortes teneurs en nitrites des eaux d'abreuvement sont dues à la réduction des nitrates en nitrites par les anaérobies. (Clostridies)→ Méthémoglobinémie. (Fixation irréversible de l'hémoglobine du sang), à l'origine de troubles respiratoires, cardiovasculaires et nerveux chez les volailles). ($NO_2^- < 0,1 \text{ mg/l}$. (Gastany , 1982 ; Luc.Guérine et al .2011).

4.2.1.5. Nitrates

Sont les témoins de pollution organiques et fécales et sont des poisons méthémoglobinisants du sang après réduction en nitrites. Des taux élevés favorisent les entérites. (Luc.Gué et al ,2011).

4.2.1.6. Fer

Il est nécessaire pour la survie des pathogènes, notamment pour la synthèse de certaines enzymes.la survie d'Escherichia- coli dans l'eau de réseau était rendu possible par le taux de fer qui est supérieur à 5 mg/l , pendant la colonisation du tube digestif et association aux cellules épithéliales et pénétration du mucus cela entraîne la captation du fer avec une baisse de performances, carcasses décolorées, qui constitue un motif de saisie au niveau de l'abattoir.(Singleton,2004).

4.2.2. Interprétation des paramètres microbiologiques

Les bactéries les plus pathogènes rencontrées dans les eaux sont les salmonelles, les entérobactéries, les colibacilles, les streptocoques...leur multiplication est possible si l'eau contient des matières organique et sels minéraux. Elle dépend aussi de la température et du pH. Les formes végétatives sont très sensibles au chlore, à l'oxygène mais les spores sont très résistantes.

4.2.2.1. Flore mésophile ou revivifiable

En l'absence d'élévation d'autres paramètres bactériologiques : On peut suspecter une pollution accidentelle au moment du prélèvement (Rodier et al .2005 ; Haslay et al. 1993 ; Luc. Guérine et al .2011)

4.2.2.2. Coliformes totaux, fécaux et E-coli

Les coliformes totaux sont des marqueurs de pollution. En général, les coliformes fécaux sont des marqueurs de pollution fécale et les E-coli sont des marqueurs de pollution fécale par des animaux à sang chaud. Si le taux de coliformes fécaux est élevé mais inférieur à 50/100 ml et le taux d'E-coli égale à 0, il s'agit d'un critère d'alerte et si le taux d'E-coli est également supérieur aux normes, l'eau devient source de danger par péril fécal, la recherche d'E-coli constituerait selon les auteurs un bon indicateur pour contrôler la qualité sanitaire de l'eau .la survie de ce pathogène dans les milieux avec très peu de nutriments était rendue possible par la capacité de l'organisme d'adhérer à des biofilms. Le pouvoir pathogène commun à de nombreuses bactéries entéropathogènes est du à leur capacité d'adhérence à la muqueuse digestive (diarrhée excessive avec une baisse de performances), aussi à leur capacité d'invasion de cette muqueuse digestive et de tout l'organisme. (Lechevallier, 1990 ; Singleton, 2004 ; Rodier. et al, 2005 ; Haslay.et al, 1993 ; Guérine et al .2011).

4.2.2.3. Entérocoque, streptocoques fécaux

En l'absence d'élévation des autres paramètres bactériologiques, ils sont le témoin d'une pollution ancienne. Ils sont un meilleur traceur de la contamination fécale que les coliformes fécaux, car leur cinétique de disparition est supérieure à celle des colibacilles ; salmonelles. Gaujous, 1995, Guérine et al .2011).

4.2.2.4. ASR (anaérobies sulfite réducteurs) et spore de clostridium perfringens

La présence d'ASR indique la présence de formes végétatives dont l'origine peut être le biofilm des canalisations. La présence de spores d'ASR ou de clostridium perfringens indique une contamination ancienne d'origine fécale animale. (Cabelli, 1977 ; Guérineet al .2011).

4.2.2.4. Staphylocoques ou salmonelles

Leur présence est le témoin d'une pollution fécale grave et rend impropre la consommation de l'eau. (Guérine et al ,2011).

4.3. Maitrise de la qualité de l'eau

Les eaux de surface sont interdites à la consommation en l'absence de traitement d'assainissement efficace. Etant donné le risque lié à l'influenza aviaire. Les eaux de réseaux publics de distribution sont de plus en plus utilisées mais les eaux de captage privé constituent encore la majorité des sources d'eau de boisson dans les élevages de volailles. Elles proviennent de puits ou de forages. Elles sont souvent de meilleure qualité quand elles proviennent de forages profonds (plus de 80 mètres) que de forages moins profonds eau de puits... (Guérine et al .2011).

Les points de captage doivent être protégés pour empêcher tout pâturage à moins de 100 mètre et choisis si possible sur un point haut, afin d'éviter des pollutions par ruissellement ; la tête de fourrage doit être protégée afin d'éviter des infiltrations de surface...

Aussi au niveau des bâtiments, il est nécessaire d'installer les bacs à eau en dehors des locaux d'élevage, dans le magasin, ils doivent être bien couverts pour éviter la contamination par les poussières de l'élevage et la chute de micromammifères (botulisme). (Guérine et al .2011).

4.3.1. Un Contrôle préventif et son interprétation

Le contrôle bactériologique, basé sur la recherche des indicateurs de contamination fécale, a été le complément indispensable des traitements de filtration et de stérilisation qui ont permis de détruire les agents infectieux, cependant ces résultats remarquables ne doivent, en aucun cas, faire relâcher notre vigilance car pour un contrôle préventif ; le contrôle bactériologique est très lent et mal adapté à la prévention. Le meilleur indicateur de risque est, à l'évidence, l'agent de désinfection, le plus souvent un produit chloré, sa mesure en continu et en temps réel. Qu'on peut mettre en œuvre sans grande difficulté, elle présente un double avantage : en premier, la mesure est immédiate, alors que le contrôle bactériologique est rétrospectif ; en seconde, elle concerne la totalité de la production d'eau, ce qui n'est pas le cas avec l'analyse bactériologique. La chute du taux de chlore résiduel traduit un risque auquel il est possible de remédier. La mesure pourrait être programmée, au niveau d'un certain nombre de points stratégiques et représentatifs du réseau de distribution. (Leclerc et al ,1993).Le contrôle préventif, c'est la mesure du taux de chlore libre. Elle est la seule à permettre de prévenir le risque puisqu'on peut connaître ce taux en temps réel. La mesure du chlore est en effet un moyen de surveiller le traitement. Cependant il est difficile de maintenir un taux de chlore sur de grandes longueurs de canalisation. La première difficulté est donc celle de la qualité du réseau et de sa maintenance. Il s'agit, le plus souvent, d'eaux traitées par le chlore et qui, sans aucune raison apparente, relarguent les contaminants ; ceux –ci sont rencontrés, avec une fréquence particulière, au cours du vieillissement des réseaux ; ils peuvent être engendrés par l'arrachement du biofilm, au sein duquel ils peuvent se fixer et proliférer (Van Der Wende et al,1990). La seconde est à la qualité de l'eau elle-même, et surtout à son taux de matières organiques, consommatrices de chlore ; là encore, la perte en chlore sera d'autant plus rapide qu'il sera consommé par le support organique ou d'autres composés réducteurs. Une troisième difficulté, probablement liée à la seconde, est celle du biofilm, matrice organique et microbienne, adhérente à la canalisation, et qui sera également un consommateur de chlore en puissance. Toutes ces difficultés sont connues, pourtant, des efforts devraient être poursuivis dans ce domaine et des réalisations pilotes programmées. Elles seules sont en effets, en mesure de proposer une gestion moderne du risque, en temps réel. (Leclerc et al ,1993).

4.4. Impact des paramètres physico-chimiques

4.4.1. pH

Incidences si teneurs inférieures : Troubles urinaires ou digestifs ; Fragilisation du squelette ; la solubilité de certains antibiotiques acides ; dégradation des matériaux oxydables en contact avec l'eau.

Incidences si teneurs supérieures : Diminution de la solubilité de certains antibiotiques basiques ; Inhibe des vaccins ; augmentation de la prolifération des bactéries gram négatif ; diminution de l'efficacité de la chloration avec des dépôts incrustants favorisant le développement du biofilm. ($5,5 < \text{pH} < 7,5$).

Solution : Traitement (acidification ou plus rarement alcalinisation). (Itavi, 2001 ; Itavi, 2004 ; Foulon, 2005 ; Puterflam, 2005).

4.4.2. TH :(titre hydrotimétrique)

Incidences si teneurs inférieures : Carence des animaux en oligoéléments ; pose des problèmes pour la solubilité des sulfamides ; provoque la corrosion du matériel métallique avec solubilisation de métaux lourds. Dureté totale < 30 (10à15°F).

Solution : Traitement (adoucisseur). (, Itavi, 2001, Itavi, 2004, Le Douarin, 1999e)

4.4.3. Turbidité

Incidences si teneurs supérieures : augmentation de la contamination bactériologique, provoque une obstruction des canalisations avec un endommagement des pompes doseuses.

(Turbidité < 15). **Solution** : Filtration. (Itavi, 2001, Itavi2004, Foulon, 2005).

4.4.4. Matière organique

Incidences si teneurs supérieures : indication de pollution organique ; le développement du bio film Avec Formation de composés organo-halogénés avec le chlore ; et Inhibition des vaccins, vitamines et antibiotiques. (Matière organique < 2 mg).

Solution : Entretien des circuits d'abreuvement, (Itavi2001 ; Itavi 2004 ; Le Douarin, 1999e).

4.4.5. Ammonium

Incidences si teneurs supérieures : Inhibition du chlore actif. ($\text{NH}_3 < 0,5$ mg/L).

Solution : Gestion de la source, Itavi 2001 ; Itavi, 2004).

4.4.6. Nitrate

Incidences si teneurs supérieures : augmentation des troubles digestifs des poulets (si >100mg/L) ; la Croissance est ralentie. En présence de bactéries réductrices présentes dans l'appareil digestif, peuvent donner des nitrites qui se combinent avec les protéines des aliments pour créer des nitrosamines cancérigènes. (50 mg/L).

Solution : Traitement dénitrification. (Itavi, 2001 ; Itavi, 2004).

4.4.7. Fer

Incidences si teneurs supérieures : inappétence ; Inactivation des vaccins vivants ; favorise le développement du bio film, de ferrobactéries et de bactéries pathogènes ; Inhibition du chlore (Formation de complexes).

Le fer s'accumule dans les circuits d'eau peu utilisés :

Attention après un vide sanitaire. (0,2 mg/L).

Solution : Traitement déferrisation. (Itavi, 2004 ; Vienot ; 2004 b, Vienot ; 2005).

4.4.8. Température

Augmentation de la température entraîne la destruction des produits par hydrolyse. Aussi l'augmentation de la température de l'eau à un effet négatif sur la croissance. (Itavi, 2004).

Solution : Rechercher l'abaissement de la température de l'eau :

Par des canalisations d'eau enterrées ; l'isolation des bacs à eau protégés avec des couvercles ; par des effets chasse d'eau dans les canalisations; Il est important de mettre à la disposition des poulets un matériel d'abreuvement suffisant en nombre de manière à éviter le gaspillage d'eau et de bien s'assurer que les débits (notamment pour les pipettes) soient suffisants. (Bisimwa, 2010)

4.4.9. Chlorure

Incidences si teneurs supérieures :
Indicateur durable de pollution (industrielle et domestique).

Car non détruit par les procédés de traitement des eaux. Entraînant des diarrhées ; avec corrosion des tuyaux. (<200mg /l).

Solution : Gestion de la source. (Itavi, 2001 ; Puterflam, 2005).

4.4.10. Cuivre

Il attaque des canalisations en cuivre. Si $> 1,5$ mg/L,

Solution : Gestion de la source. (Itavi, 2001).

4.4.11. Sulfure d'hydrogène H₂S

Dégradation du soufre organique par des bactéries sulfito- réductrices en anaérobiose, Témoin de la putréfaction de matière organique dans les eaux stagnantes de mares, puits abandonnés. Attention aux eaux stagnantes sur parcours.

Solution : Gestion de la source. (Itavi, 2001).

4.5. La réglementation

En élevage de volailles reproductrices, l'eau de boisson doit être conforme aux normes bactériologiques en vigueur, régies par le contrôle officiel hygiéniques et sanitaire (COHS) qui définit la qualité de l'eau distribuée (absence de germes) en élevage de volailles de chair, bien qu'il n'existe pas de réglementation, des recommandations doivent être appliquées pour limiter les risques sanitaires, compte tenu du contexte alimentaire et sanitaire (problèmes digestifs rencontrés fréquemment notamment en élevage de poulets), il est essentiel que l'eau de boisson soit de bonne qualité et se rapproche des normes de potabilité humaine (Tableau 5 et Tableau 6), aussi la qualité de l'eau varie selon la pluviométrie ; il est préférable de procéder à une analyse après de fortes pluies, un prélèvement en bout des canalisations rendra compte de la qualité de l'eau arrivant à l'abreuvoir ou à la pipette et pourra mettre en évidence une pollution des canalisations. Tout résultat défavorable entrainera une recherche des causes de non-conformité (Tableau 7). La directive européenne, entrée en application depuis 2000, réglemente la mise sur le marché des biocides utilisés comme désinfectants de l'eau de boisson avec des produits agréés et des méthodes de contrôles validées et recommandés. (Itavi, 2007, CIPC ,2012).

Tableau 5 : Normes physico-chimique de l'eau en élevage. (Itavi, 2004).

Paramètres normes	Potabilité humaine	Eau satisfaisante en élevage
PH	6,5 < PH < 8,5	6,5 < PH < 7,5
Dureté	Pas de limitation	10 à 15°F
Turbidité	< 15/50 ml	< 15/50ml
Fer	< 0,2 g/l	< 0,2 g/l
Nitrates	< 50 mg/l	< 80 mg/l (si l'eau bactériologiquement est correcte)
Nitrites	0,1 mg	0,1 mg/l

Tableau 6 : Normes bactériologique de l'eau en élevage. (Itavi, 2004).

Paramètres normes	Potabilité humaine	Eau satisfaisante en élevage
Coliformes fécaux	0/100 ml	< 5/100 ml
Streptocoques fécaux	0/100 ml	<5/100 ml
Sulfito-réducteurs	0/20 ml	0/20ml
Salmonelles	0/5 1	0/5 1

Tableau7: Normes bactériologiques des canalisations. (Charte des élevages poulets de chair, 2012).

Critères	Nombre de colonies pour 100 ml		
	Absence	Moins de 10	Plus de 10
Coliformes Totaux	Absence	Moins de 10	Plus de 10
Coliformes Thermo tolérants	Absence	Moins de 5	Plus de 5
Streptocoque fécaux	Absence	Moins de 5	Plus de 5
Appréciations	Bien	Passable	Mauvais

Chapitre n°5 : Technologies de traitement de l'eau

5.1. Nettoyage et désinfection des canalisations

Les canalisations peuvent être le refuge de nombreux éléments organiques et minéraux qui s'accumulent au cours du lot d'élevage. Ces éléments sont invisibles mais détectables au toucher (sensation de gras). Ils sont à éliminer à chaque vide sanitaire, le nettoyage avec une base forte ; élimination des dépôts organiques ; nettoyage avec une acide forte, élimination des dépôts minéraux ; désinfecter la conduite d'eau à l'aide d'un désinfectant homologué, (chlore) laisser agir le produit de façon à décoller les dépôts qui peuvent rester. (Itavi, 2010).

5.1.1. Les détergents

Les détergents utilisés ont des propriétés tensioactives et émulsifiantes permettant de décoller des souillures organiques et minérales adhérant à une surface et de les mettre en suspension (Travel, 2006).

Ils sont classés en famille principale :

•=> Les produits minéraux

Peuvent être basiques (soude, potasse,...), ou acides (acide chlorhydrique, phosphorique, nitrique). Des molécules chlorées et des produits séquestrant fixant les ions calcium et magnésium peuvent être présents dans les préparations commerciales alcalines et acides. Ils s'utilisent pour le nettoyage de l'intérieur des canalisations. Le décapage chimique alcalin va détacher la partie organique et les graisses du biofilm, tandis que la phase acide va éliminer les particules minérales. Pour garantir une bonne efficacité du protocole il est indispensable que tout le circuit contienne la solution de nettoyage.

La présence de matière organique entrave l'activité du désinfectant car elle empêche un contact étroit entre la molécule active et les microorganismes. Aussi l'application préalable de détergents alcalins puis acides suivie d'un rinçage est indispensable pour désinfecter des surfaces visuellement propres, afin d'éviter que le pH résiduel ne favorise pas la croissance future des germes à Gram-. De plus, les résidus de détergents diminuent généralement l'activité des désinfectants. Des surfaces non lisses, poreuses favorisent la présence de matières organiques résiduelles. Des paramètres physico-chimiques de l'eau tels que le pH ou la dureté peuvent également altérer ou renforcer l'activité désinfectante. La température favorise l'activité du désinfectant, une augmentation de 10°C double l'activité désinfectante (efficacité à 30°C comparée à 20°C). (Fontaine et al, 1995 ;Travel, 2006).

La désinfection sans nettoyage préalable est anti économique, le nettoyage non suivi de désinfection est insuffisant.

5.1.2. Traitements physico-chimiques de l'eau

Lorsqu'un ou plusieurs paramètres physico-chimiques de l'eau sont au dessus ou en deçà des valeurs préconisées en élevage, il existe des moyens pour retrouver des teneurs acceptables et ne pas compromettre un traitement bactériologique ou prophylactique. **Ces moyens sont :**

5.1.2.1. L'acidification minérale

Correction du pH par ajout d'acide minéral fort (acide chlorhydrique ou sulfurique) permet d'abaisser le pH entre 5 et 7. De faibles quantités sont requises pour augmenter l'acidité de l'eau et améliorer l'efficacité désinfectante du chlore : 3 à 7 ml d'acide sulfurique permettent de baisser le pH de 3 points pour 1 m³ d'eau. (Le contrôle du pH obtenu doit être fait tous les 15 jours.)(Quatrehomme, 2000).L'injection de CO₂ (appelé carbonatation) dans l'eau est aussi pratiquée. Le CO₂ et H₂O donne H₂CO₃ (acide carbonique faible), qui libérera ses 2ions H⁺, les variations de PH sont faibles même en injectant par erreur trop de CO₂ car le H₂CO₃ a un effet tampon. (Le Colzer, 1999b).

5.1.2.2. La neutralisation

Augmente la dureté et le pH d'une eau très douce (dureté < 10°F). L'eau passe sur un substrat calcique, se charge alors d'ions calcium Ca²⁺ et d'ions carbonate CO₃²⁻ le substrat calcique est à renouveler régulièrement. (Le Colzer, 1999b).

5.1.2.3. L'adoucissement

Captage des ions Ca²⁺ et Mg²⁺ grâce à une solution saumurée et des résines pour diminuer la dureté de l'eau (< 15°F). La solution saumurée est à renouveler régulièrement. (Quatre homme, 2000).

5.1.2.4. Filtration

Capture des matières en suspension et de la matière organique. Deux filtres lavables successifs sont préconisés : un premier d'une porosité de 30 microns, un second de 5 à 10 microns (Vienot E, 2002). La filtration est une technologie capable de garantir une eau stérile totalement exempte de germes, des résultats bactériologiques à partir d'une eau brute fortement polluée (350000germes hétérotrophes cultivant à20°C par ml, 1500coliformes thermo tolérants par 100ml, 5000streptocoques fécaux par 100ml), montrent une eau traitée totalement exempte de germes, en sortie des filtres et cela a été confirmé par plusieurs analyses bactériologiques et virologiques. (Tazi-Pain et al, 1991, Anselme et al, 1992,

Jacangelo et al, 1992). L'adjonction d'oxydant, est indispensable pour assurer la désinfection virale à titre de sécurité et cela pour avoir une qualité d'eau, surtout au point de vue matières organiques assimilables, la plus pure possible, et pour éviter la multiplication des germes qui peuvent entraîner des recontaminations possibles en réseau, et d'assurer une éventuelle désinfection, par le chlore. En résumé, les taux d'élimination des bactéries, coliformes ou bactéries totales, dépendent de l'âge du filtre, les variations de débit, et la turbidité résiduelle après filtration. (Lecler, 1993).

5.1.2.5. Dénitrification

Permet de capter les ions nitrates grâce à une solution saumurée et une résine anionique. La solution saumurée est à renouveler régulièrement. (Quatre homme, 2000).Le pH optimal pour la dénitrification est compris entre 7 et 8 (Mouchette, 1982), la réaction biologique étant consommatrice d'ion H^+ , le pH a tendance à remonter. Dans la pratique, cette remontée sera faible, pour une eau moyennement tamponnée : une remontée de pH de 0.2 est observée, pour une alcalinité de 22.3 degrés français, et un abattement de nitrates de 50mg/l (Thébault, 1990) ; de même, une remontée de pH de 0.25 est signalée, pour un abattement des nitrates de 40mg/l, et une alcalinité de 27.5 degrés français. (Ravarini et al, 1988).

5.1.2.6. Déferrisation

Permet de diminuer la teneur en fer total. L'eau est oxygénée puis mise en contact avec une solution défrisante (« maguenofiltre »). Les oxydes de fer rendus insolubles sont ensuite filtrés, Les maguenofiltres doivent être renouvelés régulièrement. Dans la technologie de la déferrisation biologique, le facteur limitant primordial de la réaction est le pH, lorsqu'il est supérieur à 7.6, un domaine où la déferrisation biologique est difficile à mettre en œuvre, car la déferrisation physico-chimique a alors tendance à être prépondérante. Par contre, pour tous les pH inférieurs à 7, la cinétique d'oxydation physico-chimique est si lente, que la compétition entre les deux modes de déferrisation ne peut plus exister, et le système évolue spontanément vers le processus biologique (Jobin et Ghosh, 1972). Il sera préférable dans ce cas, d'acidifier l'eau (par le CO_2 ou un acide minéral), de façon à sortir du domaine défavorable et retrouver la stabilité de l'ion Ferreux, (Mouchette, 1982-1989-1990). (Voir annexe 10).

5.2. Traitements bactériologiques

5.2.1. Généralités

Les oxydants sont utilisées, pour améliorer la biodégradabilité de certaines molécules organiques, pour éliminés certaines micropolluants (Toxiques ou responsables de gouts et odeurs principalement). et de certaines indésirables (fer, manganèse) et comme barrière désinfectante et ils servent au maintien de la qualité microbiologique dans le réseau de distribution. Le but exclusif des oxydants, a été au départ de détruire les microorganismes et parmi eux, l'attention était principalement focalisée sur les bactéries ; ce n'est que vers les années cinquante, que leur rôle dans l'oxydation des matières réductrices contenues dans l'eau, matières minérales, mais surtout organique, été reconnu et utilisée, parallèlement à leurs propriétés désinfectantes. (Leclerc, 1993).

5.2.2. Généralités sur les modes d'action

Très grande majorité des désinfectants étant des oxydants, il est naturel de considérer que leur action est due à une réaction chimique d'oxydoréduction, et donc d'autant plus intense et rapide que le potentiel redox de l'oxydant est plus élevé. Les produits chimiques tels que le chlore, le peroxyde d'hydrogène... sont tous des agents oxydants, c'est leur capacité à oxyder ou à voler des électrons à d'autres substances qui fait d'eux de bons agents d'assainissement de l'eau car en modifiant la structure chimique des bactéries, algues et autres matières organiques indésirables, ils les éliminent. La formation de rouille est un exemple courant de réaction d'oxydoréduction. L'oxygène se combine au fer pour former l'oxyde de fer (de la rouille), au cours du processus, le fer s'oxyde tandis que l'oxygène se réduit, ce phénomène illustre les principales caractéristiques du processus d'oxydo réduction. Le potentiel est un mot qui désigne la capacité à agir plus que l'action. L'énergie potentielle est une énergie stockée et prête à être utilisée une fois que toutes les substances oxydants et réducteurs ont réagi, un équilibre s'établi et il demeure en général un excédent qui crée le potentiel d'oxydation ou de réduction d'une solution donnée.

Cette assertion est globalement vraie, mais elle présente des exceptions exp :

- L'eau oxygénée H_2O_2 , dont le très faible pouvoir désinfectant n'est pas explicable par la Valeur de son potentiel redox.

- La différence de pouvoir oxydant entre un ion et l'acide correspondant(le cas le plus connu est le couple ClO^-/ClO_2^- , qui sera détaillé), est souvent plus forte que prévisible par les différences de potentiel redox : les charges électriques négatives entourant les bactéries, aussi

bien que les virus, sont une barrière à la pénétration des anions oxydants (Cramer et al, 1976 ; Block, 1982 ; Rumeau, 1982, Rodier et al, 2009).

5.2.2.1. Mécanismes d'inactivation des virus

La structure des virus comprend de l'extérieur vers l'intérieur, une enveloppe (il existe des virus nus, sans enveloppe, ce qui est le cas le plus général, pour les virus hydriques), une capsid rigide (de nature protéique), une molécule d'acide nucléique (ADN ou ARN). Au niveau de la capsid, l'augmentation de la perméabilité par modification de ses protéines est signalée par de nombreux auteurs, tant en ce qui concerne le chlore (Calvert Churn et al. 1983), que l'ozone (Cronholm et al.1976 ; Roy et al. 1981 ; Langlais et al.1990). La diminution du pouvoir de fixation des virions sur les cellules, est citée par Langlais et al.(1991), en modifiant la structure chimique des lipides, et donc d'altérer l'enveloppe des virus (quand cette dernière existe) à propos de l'ozone, (Noss et al, 1986), concernant le dioxyde de chlore, (Calvert Churn et al. 1983), pour le chlore. La modification de l'acide nucléique semble être la transformation dont les conséquences sont les plus importantes pour l'inactivation du virus, elle a été étudiée, entre autres, par Hauchman et al. (1986), par action du dioxyde de chlore, (Fauris et al. 1986), avec le chlore aussi (Roy et al. 1981).

5.2.2.2. Mécanismes d'inactivation des bactéries

Les sites d'action des désinfectants vis-à-vis des bactéries sont de trois ordres :

- La membrane cytoplasmique
- Les enzymes intervenant dans le cycle respiratoire, ceux-ci étant étroitement liés à la membrane ; ainsi que ceux intervenant dans la synthèse protéique
- Les acides nucléiques (ADN et ARN).

On peut y ajouter les adhésines, responsables de la fixation des bactéries et du pouvoir pathogène : la chloration à des doses subléthales d'*Escherichia coli* entérotoxique diminue les possibilités d'adhérence de cette bactérie à la muqueuse intestinale, et donc de colonisation et de démarrage de la maladie (Wals H et Bissonnette, 1983).

La membrane cytoplasmique est la cible privilégiée des désinfections à concentration faible ou modérée (l'intégrité cellulaire est préservée et maintenue grâce aux enveloppes, la paroi et la membrane qui sont, toutes deux, des structures vitales indispensables. lorsque les structures sont altérées et rompues la vie disparaît). Il en résulte une augmentation de la perméabilité cellulaire, avec migration de potassium et de substance organique vers le surnageant (Haas , et Engelbrecht,1980) ; cette fuite en constituants cellulaire peut être importante dans le cas de l'ozone (Duguet, , 1981). Dès que la perméabilisation membranaire a été réalisée, les enzymes de

respiration (aldolase et divers déshydrogénases) sont oxydés au niveau de leur groupes sulfhydryles(-SH) : cette action est constatée avec tous les oxydants couramment utilisés tel le chlore (Rumeau, 1982 ; Venkobachar et al. 1975). L'inhibition de la synthèse protéique, suite à l'oxydation des enzymes responsables, a été signalée par Benarde et al (1967), qui utilisèrent ClO_2 , et par Haas et Engelbrecht (1980), qui employèrent le chlore et ont étudié la diminution de la synthèse de l'ADN, par la chloration. D'autre part, une désinfection insuffisante pour inhiber les bactéries cibles, risque de sélectionner des mutants plus résistants, et de rendre les désinfections ultérieures plus difficiles (Shaffer et al, 1980 ; Haas et Engelbrecht (1980) ; Arz, 1981).

5.2.3. Résistance des microorganismes aux oxydants

Les études des différents chercheurs ont principalement porté sur les résistances aux oxydants des groupes de microorganismes impliqués dans la qualité hygiénique de l'eau. Très schématiquement, les bactéries sont plus sensibles aux oxydants que les virus, lesquels sont moins résistants que les kystes de protozoaires pathogènes, comme *Giardia* ou *cryptosporidium*. Ces facteurs de résistances sont :

5.2.3.1. Fixation, agrégation

Les micro-organismes fixés sur des particules solides (matières en suspension, milieu filtrant, ou canalisation des réseaux), voient leur résistance aux oxydants très augmentée, par rapport à celle des microorganismes libres. Les bactéries fixées sur des particules supérieures à $2\mu\text{m}$ avaient une résistance au chlore bien supérieure à celles passant à travers une membrane de $2\mu\text{m}$ de porosité, mais arrêtées par une membrane de $0,2\mu\text{m}$ (majorité de bactéries libres). Comme il y a une très forte résistance au chlore, de bactéries hétérotrophes, de coliformes et de pathogènes (*salmonella typhimurium*, *yersinia enterocolitica*) fixés sur du charbon actif granulé (Olson, 1982 ; Lechevallier et al, 1984), aussi la nature chimique des particules influe également fortement sur l'efficacité de l'oxydant ; il est évident que des particules organiques, réductrices et donc, consommatrices d'oxydant, protégeront davantage les germes, en créant des gradients de concentration au niveau de ces derniers. L'agrégation des particules virales, et leur fixation sur des matières solides, sont les états les plus fréquemment rencontrés pour les virus en suspension dans les eaux naturelles. L'augmentation de leur résistance aux oxydants, due à cette agrégation, donc les particules simples sont sensibles à ClO_2 par comparaison avec les particules en agrégations (Fauris et al, 1986).

5.2.3.2. Sporulation

Les spores de bactéries étant des formes de résistances à des conditions hostiles ou à des agressions, le pouvoir bactéricide ou bactériostatique des oxydants, sera nettement plus faible envers des spores qu'envers les formes végétatives. Les spores de clostridium, par exemple, résistent à 5mg/l de chlore libre, pendant une heure : ce sont des résistances supérieures à celles des virus. (Dye et Mead, 1972).

5.2.3.3. Plasmides

Les bactéries adhèrent fortement, et souvent avec une grande spécificité, à des surfaces aussi différentes que la muqueuse intestinale ou pulmonaire, ou encore à l'intérieur des canalisations d'eau de distribution où elles constituent un biofilm. L'adhésion est en effet un phénomène d'une portée générale qui régit l'évolution des microorganismes et leur interaction dans tous les milieux où ils se trouvent, c'est-à-dire dans la globalité de la biosphère. L'adhésion des microorganismes à leur support serait due à un enchevêtrement de fibres polysaccharidiques, partant de la surface bactérienne, réalisant un feutrage serré autour des cellules, qu'on appelle habituellement glycocalyx. L'adhérence créée par le glycocalyx, serait responsable des localisations particulières des bactéries dans la plupart des environnements naturels. Dans les milieux naturels comme l'eau, les populations de bactéries libres ne constituent qu'une fraction infime de la population totale ; la plupart des microorganismes, sont fixés sur des supports organiques (végétaux, phytoplancton etc...), ou inorganique (argiles, oxydes métalliques). Si les bactéries propulsées dans un courant d'eau rapide ne se fixaient pas à un support, elles seraient facilement éliminées. La colonisation des matériaux immergés par les bactéries grâce à ces mécanismes d'adhésion due en particulier au glycocalyx, aboutissant à la formation d'un biofilm dans le cas des réseaux de distribution. Le phénomène d'adhésion est considéré comme une étape essentielle du pouvoir pathogène des agents infectieux chez l'homme et chez l'animal. La plupart des infections naturelles commencent par la fixation de l'agent pathogène, qu'il s'agisse d'une bactérie, d'un virus, ou d'un parasite, aux muqueuses des voies respiratoires, urogénitales, ou digestives, ce processus d'attachement représente un avantage écologique évident car il soustrait l'envahisseur aux mécanismes physiques de défense de l'organisme comme la toux, le flux urinaire, les mouvements péristaltiques intestinaux. Il représente donc, du point de vue pathogénèse une première phase déterminante, indispensable à la poursuite du processus infectieux, c'est à la multiplication ou la colonisation. (Costerton et al, 1987 ; Maul et al, 1989 ; Van Der Wende et Characklis, 1990 ; Leclerc, 1993).

5.2.3.4. Concentration et temps de contact en oxydant

La loi de Chick(1908), sur les cinétiques de désinfection, se traduit mathématiquement

par la formule :

$$\ln(N_t/N_0) = -k \cdot t$$

\ln = logarithme népérien.

N_t = nombre de germes au temps t .

N_0 = nombre de germes au temps 0 .

K = constante cinétique, dépendant de la nature du microorganisme et du désinfectant (nature et concentration), ainsi que de la température.

T =temps de contact entre le micro-organisme et le désinfectant.

La linéarité entre le temps de contact et le logarithme de l'abattement en germes, connaît de nombreuses exceptions expérimentales, ce qui concerne Watson(1908) tient compte également de la concentration en oxydant, dans une loi expérimentale, qui peut être schématisée par la formule :

$$K = A \cdot C^n$$

A = Coefficient spécifique de létalité. (Sensibilité du germe à l'oxydant).

C = Concentration en oxydant(en mg/l).

n = Constante appelée coefficient de dilution.

Intérêt du $C \cdot t$ (Concentration et temps de contact en oxydant), dans la pratique, où le but est d'inactiver à la fois les bactéries, virus et parasites éventuels, l'application des $C \cdot t$ est le garant d'une désinfection réussie, c'est-à-dire la mise en œuvre d'une dose suffisante de désinfectant pendant une durée définie, ces deux facteurs dépendant de chaque germe et des caractéristiques physico-chimiques de l'eau(température, pH).Ces deux paramètres (Dose de désinfectant et temps de contact) constituent la base du concept $C \cdot t$ sur lequel repose l'évaluation de l'efficacité de la désinfection. Le critère Ct correspond au produit de la concentration résiduelle en désinfectant(en mg/l) par le temps de contact t (en minutes) à condition d'utiliser les valeurs concernant les germes les plus résistants. Le guidance Manuel édité par l'U.S. EPA(1989) recommande d'adapter cette désinfection aux $C \cdot t$ permettant l'inactivation de 99.9% des kystes de Giardia, (Annexe 12)a et de 99.9% des entérovirus.ces recommandations sont très utiles aux réglages des taux de désinfections, en fonction des temps de contact, imposés par l'hydraulique du système de traitement et par la configuration du réseau, la valeur du $C \cdot t$ est influencée par la température, que le $C \cdot t$ diminue de moitié pour une augmentation de température de 10°C

comme dans le cas de l'ozone, ce qui veut dire que la réactivité de l'oxydant double dans cet intervalle. Mais cela n'est pas une réalité pour tous les germes et tous les oxydants. Ce sont des résultats expérimentaux. Ils sont infirmés, lors de la dépendance du chimisme de l'oxydant vis-à-vis de la température (couples HOCL/CLO⁻).

L'influence du pH, si elle très forte pour le chlore et le dioxyde de chlore, l'est beaucoup moins pour les autres oxydants comme l'ozone, principalement, a une réactivité, vis-à-vis les microorganismes, peu sensible au pH (Haslay H et al, 1993). Le choix des produits et procédés de désinfections est également en fonction des réglementations nationales en vigueur, et bien sur des usages de l'eau. Pour les eaux de consommation, l'étape de désinfection finale s'opère le plus souvent avec le chlore, ou le dioxyde de chlore, l'ozone ou encore la monochloramine (dans les pays où elle est autorisée). Pour le chlore, le maintien d'une teneur résiduelle de 0.5mg /L en chlore libre pendant un temps de contact de 30mn ($ct=15 \text{ mg}\cdot\text{min}\cdot\text{L}^{-1}$) est recommandé. Le respect de la réglementation sur les sous-produits de chloration doit être assuré en parallèle. La réglementation sur les eaux potables préconise une absence d'odeur ou de saveur désagréable associées à la présence de chlore libre et totale et fixe une valeur de 100µg/L en Trihalométhanes totaux (THM totaux) comme limite de qualité, précisant que la valeur la plus faible possible doit être visée sans pour autant compromettre la désinfection. Les Trihalométhanes constitue une limite de qualité pour l'eau potable (THM < 100µg/L). (Rodier et al, 2009).

5.2.4. Oxydants utilisés

Les oxydants couramment utilisés dans la désinfection de l'eau sont de deux sortes :

- Les oxydants chlorés : le chlore et ses dérivés, l'hypochlorite de sodium ou calcium, la monochloramines, et le dioxyde de chlore.
- l'ozone.

Les propriétés de ces substances sont présentées dans le (tableau 8).

Tableau 8 : Substances utilisées comme désinfectant de l'eau de boisson. (Hack, 1985, Le Douarin, 1999 a, Lechevallier et al, 1988 et 1990, Singer, 1990, Mathieu et al, 1992, Travel ,2007).

	Formes actives	Généralités	Mode d'action
Chlore (Cl)	Cl ₂ HClO et ClO-	ClO- et HClO (acide hypochloreux) forme un couple acide-base équilibré à pH8. Le HClO a un pouvoir bactéricide 100 fois supérieur à celui du ClO-. Pour optimiser l'efficacité de la désinfection, il est préférable d'avoir une eau à pH < 7	Une partie du Cl réagit avec des ions réducteurs (Fe ²⁺ , Mn, NH ₄ ⁺ , NO ₂ ⁻) ou se complexe avec les MO (formation de composés halogènes). La dernière partie, le Cl libre, agit sur les bactéries. Ce Cl libre résiduel mesuré en bout de ligne (BL) correspond au Cl non neutralisé et restant après la désinfection. Pour une désinfection efficace : Dose à incorporer : 2à5mg de cl actif/l, dose de cl libre mesurée en BL : 0,3mg/l, fréquence de contrôle : tous les 15 jours.
Peroxyde d'hydrogène (ou eau oxygénée)	H ₂ O ₂	Peroxyde alimentaire distillée, purifié, souvent associé à des tensio-actifs (décollent et mettent en suspension les MO) et des séquestrant (captent Ca, Fe, Mg)	Fort pouvoir oxydant, bactéricide, fongicide, virucide, sporicide et mais aussi acidifiant. Le H ₂ O ₂ se décompose lentement en eau et en oxygène. Pour une désinfection efficace : Dose à incorporer : 50 à 75ml /m ³ d'eau dose résiduelle en BL : 20-30 mg/L Fréquence de contrôle: tous les 15 jours
Dioxyde de chlore	ClO ₂	Le ClO ₂ est obtenu par la réaction entre du chlorite de sodium et de l'acide chlorhydrique	Il est le plus sélectif des biocides oxydants car ne réagit qu'avec des composés sulfurés réduits, des aminés II et III, et quelques produits organiques fortement réduits. Cela permet l'utilisation de dosages moindres pour obtenir un résultat plus stable qu'avec le chlore ou l'ozone. En raison de sa sélectivité, le ClO ₂ est plus efficace pour traiter des eaux présentant des charges organiques importantes.
Ozone et Ultraviolets	O ₃ et UV	Leur coût élevé limite leur utilisation en élevage	Ils stérilisent l'eau (ponctuellement) mais doivent être associés à un biocide rémanent pour un traitement efficace jusqu'en BL.
Monochloramine	NH ₂ CL	est obtenu par action du chlore, en solution dans l'eau, sur l'ammoniaque	Un léger excès de chlore (acide hypochloreux ou hypochlorite) est favorable à l'utilisation complète de l'ammoniaque Sa rémanence extrêmement faible (la difficulté à mesurer avec précision des résiduels faibles), l'action des chloramines, vis à vis des bactéries fixes (biofilm), a une efficacité meilleure, il semble que la plus faible réactivité de la chloramine vis-à-vis de certaines matières organiques du biofilm, lui permette une meilleure pénétration au sein du biofilm

Les rayonnements ultra-violet ne font pas partie des oxydants, mais ils sont inclus dans ce chapitre, car ils ont un pouvoir germicide, donc désinfectant, comme les oxydants. Les ammoniums quaternaires et l'iode ne sont pas autorisés en traitement de l'eau, mais sont cependant parfois rencontrés en élevage car ils sont homologués comme «produits pour le nettoyage des matériaux en contact avec les aliments des animaux».

5.2.4.1. Les avantages et les inconvénients des désinfectants

Tableau 9: Avantages et inconvénients du chlore, du peroxyde d'hydrogène, dioxyde de chlore. (Source : Lenntech ,2006 ; Cleva, 2006, Travel ,2007).

	chlore	Peroxyde d'hydrogène	Dioxyde de chlore
Avantages	<ul style="list-style-type: none"> - Faible cout - Rémanent dans l'eau - Teneur en chlore facilement mesurable. - Propriétés bactéricides (0.2mg/L en BL) - Propriétés virucides (0.5mg/L en BL) - Propriétés fongicides, sporicides et algicides - faible toxicité. - Emploi et manipulation aisés 	<ul style="list-style-type: none"> - Large spectre (actif contre les ASR et Mycobacterium tuberculosis) - Efficace quelques soient le pH et la dureté de l'eau pas d'altération du goût, de la couleur de l'eau - Fort pouvoir décapant (décolle les MO telles que les biofilms) 	<ul style="list-style-type: none"> - Même efficacité de désinfection que le chlore pour des concentrations moindres (0.1 mg/L en BL) - Rémanence importante (environ 72 h) - Les pH entre 4 et 10 n'affectent pas son efficacité - Plus efficace que le chlore, pour la destruction des spores, bactéries, virus et autres organismes pathogènes - Temps de contact inférieur à celui du chlore Ne réagit pas avec NH₃ et NH₄⁺ - Détruit les phénols et n'a pas d'odeur distincte, Oxyde le fer et le manganèse - Détruit les biofilms dans les systèmes de transport d'eau, et prévient également leur formation, lorsque celui-ci est utilisé de façon continue à de faibles concentrations
Inconvénients	<ul style="list-style-type: none"> - Propriétés bactéricides à pH acide - Propriétés virucide à concentration élevée. - Nécessite un temps de contact minimum avec l'eau pour agir (20 min pour l'effet bactéricide et 45 min pour l'effet virucide) - Produits à utiliser rapidement la concentration en Cl diminue avec le temps - Inhibition et formation de complexes avec la MO et l'ammonium pour former des organohalogénés (chloroforme) et chloramines (odeurs) - Inhibition et formation de complexes avec les ions métalliques (Fe, Mg) 	<ul style="list-style-type: none"> - Plus cher que le chlore pour les concentrations recommandées - Corrosion des pièces métalliques (fer, galvanisé,...) - Pouvoir de décoloration (transformation de ClO⁻ et HClO en Cl⁻, H₂O et O₂) donc stopper le Cl en cas de traitement peroxyde - Dilué (30 à 50 %) pendant le transport, pour des raisons de sécurité - Se décompose lentement en eau et en oxygène (l'élévation de température et la présence de pollution accélèrent le procédé) 	<ul style="list-style-type: none"> - Unité de production de dioxyde de chlore coûteuse - Coût de fonctionnement du traitement au dioxyde de chlore supérieur à celui du traitement au chlore - Ne pas dépasser la dose de 0.5 mg/L d'eau lors de l'injection car réaction avec les MO et apparition d'un mauvais goût - Formation de chlorite, la toxicité du chlorite a largement contribué à la limitation de l'emploi de clo₂ comme désinfectant.

Avantage de la chloramine : La très grande particularité de la monochloramine est son extrême stabilité dans le temps ; elle permet de retrouver des résiduels de chlore actif, en réseau de distribution, après des temps de transit supérieurs à 3 jours, (Mathieu et al, 1992).

Inconvénients : son faible pouvoir désinfectant, la décomposition de la monochloramine, sous l'action

des réducteurs, minéraux ou organique, se traduit, le plus souvent, par la formation d'ammoniaque, cette ammoniaque, dans le réseau de distribution, sera oxydée, par voie biologique, sous forme de nitrites indésirables (Wolfe et al, 1990). Aussi, il est plus cher que le chlore.

5.2.4.2. Choisir le traitement de l'eau

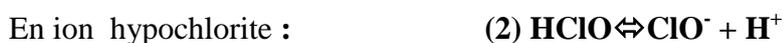
On entend par chloration l'emploi du chlore ou des hypochlorites aux fins de désinfections et d'oxydation. Historiquement c'est l'un des premiers procédés auxquels on a fait appel, au début du siècle. Lorsqu'il devint évident qu'il fallait insérer la désinfection dans la chaîne des traitements nécessaires à la préparation d'une eau salubre, (Annexe 13) la chloration demeure le procédé de désinfection préféré à cause de sa relative simplicité, de son coût modique et de son efficacité, (Annexe 14). (Beaudry, 1984 ; Desjardins, 1990). Le chlore est de nos jours, le plus employé de tous les oxydants utilisés en désinfection, surtout dans les petites installations, et sa rémanence dans le réseau de distribution, il reste le désinfectant privilégié, en contrôle final de la qualité microbiologique. (Haslay et al, 1993).

5.2.4.3. La chimie du chlore dans l'eau

Si, dans les installations importantes, le chlore gazeux est utilisé, liquéfié sous pression dans des réservoirs en acier, les petites stations de chloration utilisent l'hypochlorite de sodium en solution (eau de javel), dont l'utilisation est plus simple, surtout au niveau des mesures de sécurité. En l'absence de réglementation concernant le traitement de l'eau consommée par les animaux il est recommandé d'utiliser des produits autorisés pour les eaux destinées à la consommation humaine. Le chlore fait partie de ce groupe d'éléments chimiques qu'on appelle les halogènes, groupe qui comprend aussi le fluor, le brome et iode. Le chlore (Cl_2) est un gaz jaune, qui est modérément soluble dans l'eau, il est doué d'un fort pouvoir oxydant, il favorise la destruction des matières organiques, il a une action germicide par destruction des diastases indispensables à la vie des microbes, à la dose habituelle le chlore ne détruit pas certains virus et les spores bactériens. (Beaudry 1984 ; Bouziani 2000 ; Vienot 2004). Par dissolution dans l'eau du chlore moléculaire, il ya dismutation en acide hypochloreux et en ion chlorure.



L'acide hypochloreux HClO est un acide faible, qui se dissocie selon la réaction :

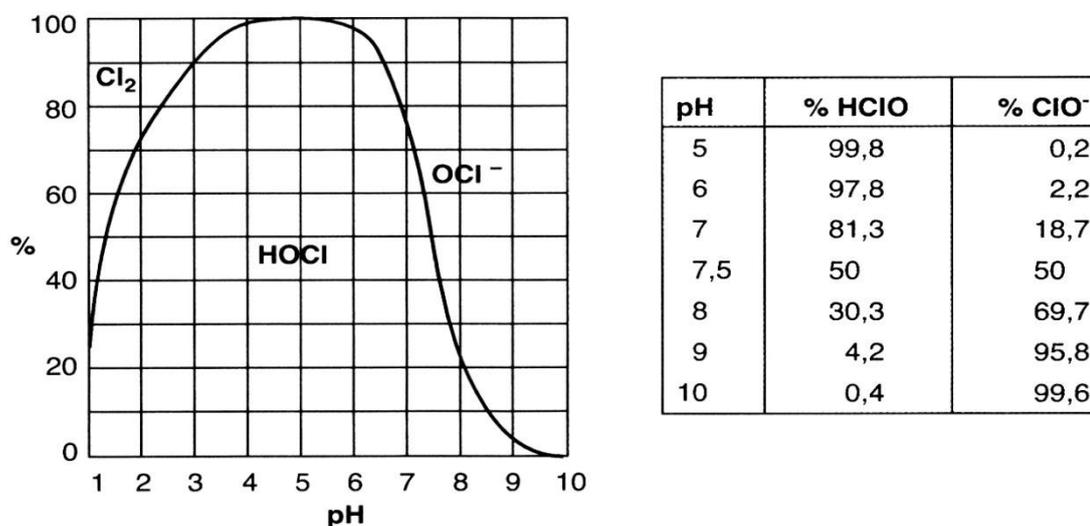


La réaction de formation d'eau de javel, en milieu très alcalin, est :



D'après la loi des équilibres chimiques, toute élévation de pH déplacera la réaction vers la formation d'ion hypochlorite ClO^- ; toute diminution de pH aura l'effet inverse. La proportion de HClO et de ClO^- est en fonction du pH et de la température, la réaction (1) est réversible et représente donc une source potentielle de chlore élémentaire. Pendant la réaction(2) le degré de dissociation de cet acide est en fonction du pH du milieu : à pH5, la dissociation est à peu près nulle alors qu'elle est presque complète à pH10 ; entre ces limites de pH, il ya mélange d'acide hypochloreux et d'ion hypochlorite. Étant donné que le premier est beaucoup plus bactéricide (le HClO a un pouvoir bactéricide 100 fois supérieur à celui du ClO^- Pour optimiser l'efficacité de la désinfection, il est préférable d'avoir une eau à $\text{pH} < 7$) que la seconde, le partage du chlore entre ces deux formes selon le pH, est d'un grand intérêt pratique. (Beaudry, 1984, Rodier et al, 2009).

Forme du Chlore dans l'eau pure à 25°C



Répartition des formes du chlore à 25°C dans l'eau pure

Graph 1 : Répartition du chlore en HClO et ClO^- en fonction du pH

Il faut souligner en outre que l'acide hypochloreux HClO est beaucoup plus rapide comme germicide que l'ion hypochlorite ClO^- . On conclura donc, en considérant le graphique de la figure 1 ; que les pH acides favorisent une désinfection rapide. Ainsi, on a estimé que pour détruire une population de coliformes fécaux (*Escherichia Coli*) à 99% en 30 minutes, à 15°C, il faut une teneur résiduelle en chlore libre de $0,005 \text{ g/m}^3$ s'il s'agit de HClO (pH=6) alors qu'il en faut $0,3 \text{ g/m}^3$ s'il s'agit de ClO^- (pH=10). L'action germicide du chlore sur les salmonelles et autres bacilles pathogènes d'origine intestinale est au moins aussi rapide que sur les bactéries coliformes ; de là la valeur du test des

coliformes pour le contrôle de la désinfection. Donc l'efficacité du chlore décroît avec le pH. (Beaudry, 1984, Haslay; Leclerc, 1993, Rodier et al, 2009). Aux pH proches de la neutralité, habituels dans les eaux d'alimentation, le chlore se trouvera donc sous forme d'un mélange d'acide hypochloreux et d'ion hypochlorite. Les eaux brutes (avant traitement) contiennent fréquemment des substances chimiques susceptibles de réagir avec le chlore libre (mélange d'acide hypochloreux et d'ion hypochlorite) : substances réductrices, le transformant en chlorures ; également substances organiques, formant par réaction de substitution ou d'addition, des composés organochlorés stables, n'ont pas de pouvoir oxydant, donc désinfectant. Mais les eaux brutes contiennent également des produits azotés minéraux, comme l'ammoniaque, ou organique, susceptible de donner avec le chlore libre, des produits suffisamment oxydants pour avec un pouvoir désinfectant, et appelés chlore combiné ; et les combinaisons du chlore avec l'ammoniaque portent le nom de chlora mines, dont seule l'une d'entre elles (la monochloramine) est utilisée industriellement pour la désinfection des eaux. (Haslay et Leclerc, 1993, Rodier et al, 2009).

5.2.4.4 . Le pouvoir désinfectant du chlore

Dans une eau chlorée, contenant des matières organiques, comme c'est le cas pour toutes les eaux d'alimentation, même d'origine souterraine, le chlore se trouvera donc à la fois sous forme de chlore libre et de chlore combiné. D'autre part, le chlore libre sera toujours un mélange d'acide hypochloreux et d'ion hypochlorite, aux pH rencontrés dans les eaux d'alimentation. Le pouvoir désinfectant du chlore diminue fortement lorsque le pH augmente, et ce phénomène est valable, aussi bien pour les bactéries, que pour les virus ou les parasites, il résulte des remarques, que le HClO a un pouvoir nettement plus inactivant, vis-à-vis de tous les types de microorganismes de l'eau, que ClO⁻. ce qui est confirmé par les potentiels d'oxydoréduction normaux de ces deux entités chimiques (1,63 volt pour HClO, et 0,90 volt pour ClO⁻), encore que le potentiel d'oxydoréduction ne soit pas toujours seul en cause dans le pouvoir oxydant. La consommation en oxydant lors de l'étape de désinfection, appelée demande en oxydant correspond à la dose nécessaire pour obtenir la teneur résiduelle préconisée après le temps de contact requis, cette demande en oxydant dépend de plusieurs paramètres qui représentent des facteurs clés pour le choix de la nature et de la concentration du désinfectant susceptibles d'assurer une bonne désinfection :

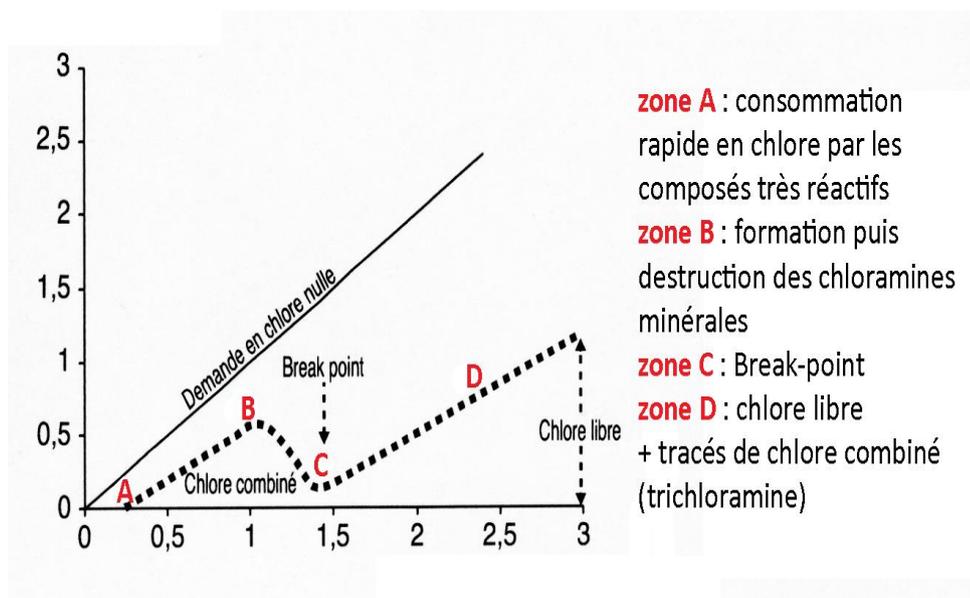
- ❖ La température de l'eau, qui influence les cinétiques des réactions chimiques mises en œuvre et peut affecter la stabilité du réactif.
- ❖ Le pH de l'eau, qui joue un rôle sur la forme chimique de l'oxydant (forme ionique ou moléculaire) ou sur sa stabilité.
- ❖ Le temps de contact, la demande en oxydant augmente avec le temps de réaction.
- ❖ La concentration en oxydant, la demande en oxydant augmente sensiblement avec la concentration utilisée, sans toute fois lui être proportionnelle.
- ❖ Les caractéristiques chimiques de l'eau (composition minérale et organique). (Hibler et al. 1987 ; Clark et al. 1989; Watson, 1908 ; Haslay et Leclerc, 1993 ; Rodier et al, 2009).

5.2.4.5. Demande en oxydant

Dans les filières de traitement des eaux souterraines, le chlore est rarement utilisé autrement qu'en désinfection finale, juste avant l'envoi en distribution. En traitement des eaux de surface, il est fréquemment employé également en pré chloration, en tête de filière (Haslay et Leclerc, 1993). La demande en oxydant est, le plus souvent, effectuée au break-point (graphe 02), c'est-à-dire, en satisfaisant la demande en chlore de l'eau, de manière à oxyder totalement l'ammoniaque et les autres matières oxydables, et obtenir un résiduel de chlore libre (Doré, 1989). Elle a été utilisée systématiquement, durant plusieurs décennies, car ses avantages sont nombreux. Le chlore présente l'inconvénient de se combiner aux phénols, toxiques de plus en plus fréquents dans les eaux de surfaces. Les produits formés, sont les chlorophénols qui engendrent des goûts désagréables même à l'état de traces. Pour remédier à cet inconvénient, on utilise un procédé de chloration au point critique « break-point » (au point critique), qui consiste à appliquer des doses suffisantes de chlore. Les matières organiques de l'eau ainsi que toutes les autres substances réductrices présentes, sont oxydées de telle sorte que le chlore en excès est égal au chlore actif Libre et dont le pouvoir stérilisant est beaucoup plus élevé que celui de chlore combiné on atteint ce point critique lorsqu'on introduit dans l'eau des doses croissantes de chlore jusqu'à ce que les tests de la recherche révèlent la présence de chlore résiduel libre la destruction de toutes les bactéries est alors assurée, tous les composés d'addition du chlore en particulier le chlorophénol sont décomposés avec l'élimination de mauvais goût et odeur. (Leclerc et al, 1977 ; Bouziani, 2000). Pour assurer une présence plus ou moins durable de chlore libre dans l'eau traitée, il faut donc appliquer un dosage de chlore supérieur à cette demande.

On appelle chlore libre résiduel la teneur en chlore libre présente dans une eau préalablement soumise à la chloration, après une durée de contact choisie. (Beaudry, 1984 ; Rodier et al. 2009).

Chlore résiduel (mg/L)



Chlore ajouté (mg/L)

Courbe de « **Break Point** » d'une eau naturelle

Graphe 2 : Le « Break Point »

L'action du chlore ajouté graduellement sur une eau contenant des composés organiques comprend quatre phases :

1. Destruction du chlore par les composés organiques.
2. Formation de composés chlorés organiques et de chloramines.
3. Destruction des composés chlorés organique et de chloramines.
4. Production de chlore libre et persistance de composés chlorés organique. (traces du chlore combiné). Le « break point », ou point critique, correspond à la brusque diminution du taux de chlore résiduel combiné à partir duquel du chlore libre est formé. C'est à partir de ce point que l'activité chimique est maximum. (Leclerc et al, 1997).

Le chlore résiduel : Additionné à l'eau, le chlore se combine, soit sous forme d'acide hypochloreux, soit d'hypochlorite ou bien d'un mélange des deux composés. Il constitue ainsi le chlore libre dans l'eau. En présence de matière organique, il se forme par ailleurs, des chloramines (mono et dichloramines) qui sont exprimés en composés chlorés et constituent le chlore combiné. Le chlore actif total représente l'ensemble du chlore actif libre et du chlore actif combiné.

D'autres avantages sont nettement axés sur l'inactivation des germes :

-Pouvoir algicide du chlore (commun à tous les oxydants), inhibant les proliférations d'algues dans les

bassins de décantation, et le colmatage prématuré des filtres ;(Langlais et al, 1991).

-Pouvoir bactéricide ou bactériostatique, permettant un abattement du nombre de germes. et le maintien d'un résiduel de chlore libre, le plus loin possible le long de la filière de traitement, inhibe les reviviscences et les multiplications bactériennes, et par conséquent la formation de nids microbiens ou de biofilms en certains points de l'installation. (Haslay et Leclerc, 1993). Il faut rappeler que la teneur en chlore résiduel décroît tout au long du réseau de distribution .Elle est inévitablement plus élevée dans l'eau d'alimentation en amont situées au début du réseau et faible (ou absente quand l'eau est surchargée en matières organiques) dans l'eau de robinet en fin du réseau(en aval du réseau).

Ces différentes formes de chlores dans l'eau peuvent être déterminées par différentes méthodes de dosages (Bouziani, 2000).

5.2.5. La chloration

Fréquemment utilisée dans les élevages, la chloration est une bonne alternative pour la potabilisation de l'eau .la chloration s'effectue par l'injection d'hypochlorite de sodium (eau de javel), cette application nécessite l'emploi d'une pompe doseuse, la dose de chlore à injecter se détermine en fonction de la qualité de l'eau brute (Figure : 15).Une eau propre et saine est l'un des facteurs déterminants et pourtant souvent négligé, permettant, à un élevage de fonctionner à plein rendement. Autrement dans la filière volaille, la norme en matière d'assainissement de l'eau était une concentration en chlore située entre 2 et 3ppm au dernier abreuvoir. Au fil du temps, il s'est avéré que cette mesure ne suffisait pas toujours à garantir une eau propre car le pH n'était pas pris en compte. Lorsqu'un agent désinfectant, comme le chlore liquide, est ajouté dans l'eau, c'est le pH de l'eau qui déterminera la quantité de chlore qui va se dissocier en acide hypochloreux (qui tue les bactéries immédiatement) et en ion hypochlorites (Qui tuent les bactéries après contact prolongé) par conséquent, 3ppm de chlore libre associé à un pH de 6, 8 assainira efficacement l'eau, lorsque le pH augmente, l'efficacité du chlore diminue (Guérin et al. 2011).Les réactions du chlore avec les contaminants organiques étant conditionnées par les concentrations en jeu, le pH du milieu et la température. Les volailles peuvent même tolérer un surdosage important de cette substance sur une courte période, avec des effets minimes ou inexistantes sur la production. Un ajout accidentel peut entraîner une baisse légère et passagère de la consommation d'eau. Cependant, il convient d'éviter d'exposer à long terme les animaux à des niveaux élevés d'hypochlorite de sodium dans l'eau. Les volailles seront probablement moins touchées par les effets directs du chlore, mais plus sensibles aux agents pathogènes présents dans l'eau d'abreuvement. (Andrew et al. 2009).

5.2.5.1. Pompes doseuses, bacs

Certains équipements ont une importance cruciale dans la réussite d'un traitement désinfectant ou prophylactique par l'eau de boisson et limite la contamination bactérienne. (Travel, 2006).

Les pompes doseuses: Les deux types qui sont couramment rencontrés en élevage :

- Les pompes électriques permettent de réaliser des traitements à faible pourcentage (0,01 à 0,1% dans le cas de la chloration), ou fort pourcentage (1 à 5 % en cas de Vaccination).

- Les pompes doseuses proportionnelles sans électricité injectent le traitement grâce au flux d'eau de boisson qui les traverse. Leur plage de dosage est plus restreinte que les pompes électriques, leur utilisation est plus simple mais les types de traitements réalisables sont limités. (Travel, 2006). La solution mère injectée dans l'eau de boisson peut être préalablement préparée dans un bac (bac de dilution) d'une centaine de litres à partir du produit concentré (vaccin, désinfectant,...) dilué par un volume d'eau.

Suite à un traitement ponctuel (vaccins, antibiotiques, vitamines, acides organiques), un nettoyage des pompes est nécessaire car les produits peuvent précipiter, boucher les tuyaux de faible diamètre et détériorer les joints. Le bac de dilution sera rempli d'eau propre qui rincera alors la pompe. (Travel, 2006).

Les bacs :

Lorsque les pompes doseuses ne sont pas utilisées, les éleveurs peuvent avoir recours à des grands bacs de plus de 500 L (Figure : 15). Ils se remplissent régulièrement grâce à des flotteurs et une pompe hydraulique de grand volume (quelques m³/h) qui envoie l'eau vers les abreuvoirs. Une canalisation permet de boucler le système bac/abreuvoirs/retour au bac. Ces grands bacs ne sont généralement utilisés que pour les traitements ponctuels bien qu'ils soient plus fastidieux qu'avec une pompe. Un système de vannes coupe le système d'eau habituel et une pompe envoie le traitement vers les abreuvoirs. Ces bacs peuvent se situer en hauteur et sont parfois dans le poulailler, la circulation d'eau se fait alors par gravité. (Travel, 2006).



Figure 15 : Bac à eau à l'intérieur du bâtiment

Bac de dilution

- Cuve d'une centaine de litre favorise La dilution par un volume d'eau,
- Un temps de contact produit / eau de 20 mn Avec un Suivi régulier du fonctionnement Du traitement

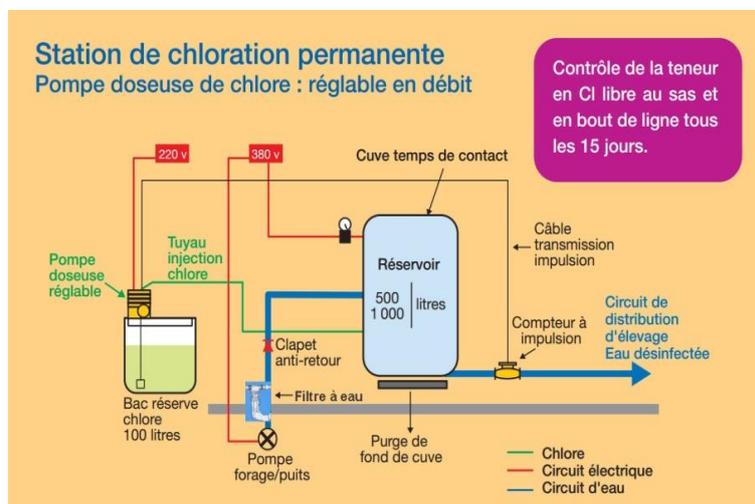


Figure 16 : L'installation du système de désinfection ; une réflexion globale (Itavi, 2010).

CE TRAITEMENT A POUR OBJECTIF DE :

- Maintenir la transparence de l'eau.
- Evacuer et éliminer les impuretés et particules contenues dans l'eau.
- Détruire les microorganismes au fur et à mesure de leur arrivée dans l'eau : L'eau de boisson doit être désinfectée et désinfectante d'où l'utilisation de chlore
- Empêcher le développement d'algues dans l'eau et sur les parois.
- Maintenir une température d'eau satisfaisante.

Un traitement stable garantit une eau limpide et de bonne qualité microbiologique et chimique ; Les microorganismes sont dans ce cas rapidement détruits et ne peuvent pas proliférer.

5.2.5.2. Instabilité des oxydants

Dans un réseau chloré en continu, la présence d'un biofilm permettra aux bactéries lésées par les oxydants, de résister à l'action du chlore, se fixant à ce biofilm, ou des augmentations de résistance pouvant aller jusqu'à 150 fois pour *Klebsiella pneumoniae*. Les bactéries pourront alors amorcer les réparations physiologiques leur permettant une reprise d'activité métabolique. La fixation accroissant le métabolisme des bactéries, et leur rythme de reproduction, elles vont alors pouvoir se multiplier au sein du biofilm. (Lechevallier et al, 1988, Pedros-Alio et Brock, 1983). A partir d'analyses effectuées sur une installation pilote indiquent une très bonne corrélation entre la teneur de l'eau en carbone organique assimilable et la présence de coliformes, aussi bien en concentration par 100 ml d'échantillon, qu'en proportion de prélèvements positifs. (Lechevallier et al, 1992). Une pollution du réseau par les coliformes, ayant duré plusieurs années ; avec une colimétrie correcte du réseau, et un chlore résiduel moyen de 1.1 mg / l ; des coliformes ont été retrouvés dans les biofilms, et dans les tubercules de corrosion des canalisations. (Seidler et al, 1977, Earnhardt, 1980, LoWther et Moser, 1984, Olivier et al, 1985, Lechevallier et al, 1987, Lechevallier et al, 1990).

5.2.5.3. Contrôle du biofilm par les oxydants

A partir du moment où les chercheurs et les distributeurs d'eau avaient pris conscience des nuisances que leur apportait le biofilm, c'était normal qu'ils étudient les moyens de l'éliminer, ou du moins de contrôler son développement. Les mesures curatives sont, soit chimique (action des oxydants), soit mécanique (purges ou nettoyages mécaniques). Les résultats des expériences américaines sur des injections massives de chlore sont encore plus pessimistes : utilisation de 1 à 2 mg/l de chlore pour une réduction de la densité bactérienne du biofilm de 2 Log, et de 3 à 5 mg/l de chlore pour une réduction de 3 Log ; (Nagy et al, 1982), une réduction d'épaisseur d'un biofilm de 29%, grâce à un chlore résiduel libre de 12.5 mg/l. (Characklis et al, 1979). Les essais avec le chlore sont nombreux, mais aucun n'est parvenu, ni à une élimination totale du biofilm, ni à une disparition durable des coliformes dans les eaux distribuées. Le carbone organique dissous biodégradable (C.O.D.B) est le nutriment des bactéries hétérotrophes du biofilm, il a été calculé expérimentalement le rendement de croissance bactériennes maximales du (C.O.D.B), et ils ont trouvé un rapport de $1.7 \cdot 10^9$ cellules par mg de C.O.D.B comme il y a une très bonne corrélation entre la teneur de l'eau en C.O.A et la présence de coliformes, aussi bien en concentration par 100 ml d'échantillon, qu'en proportion de prélèvements positifs. (Volk et al, 1992, Lechevallier et al, 1992). Des observations pratiques confirment et trouvent que la concentration en C.O.D.B contenu dans l'eau de réseau est plus importante dans les conduites de fort diamètre (or ces dernières se situent en tête de réseau, celles de petit diamètre, en fin de

réseau) ; ils attribuent cette différence à des propriétés d'ancrage, favorisant la fixation et défavorisant l'arrachage du biofilm ; ce nid microbien est aussi un réservoir de bactéries, a une grande importance dans la qualité de l'eau distribuée tout au point de vue physico-chimique (turbidité principalement), que microbiologique où les numérations de germes hétérotrophes qui peuvent atteindre des valeurs extrêmement élevées (10^8 à 10^{10} UFC par ml), mais ce qui est plus grave, c'est l'abondance des bactéries indicatrices, coliformes thermotolérants (Et parmi eux *Escherichia Coli*) et totaux, streptocoques fécaux, spores de bactéries anaérobies sulfito-réductrices, dans ces conditions, la moindre turbulence peut alimenter l'aval hydraulique du nid en germes indicateurs stimulant une pollution fécale, le potentiel est en général très bas, et induit une consommation totale du chlore résiduel (Haudidieret al, 1988 Haslay et Leclerc, 1993).

5.3. L'Eau de javel

L'eau de javel est un excellent désinfectant utilisé couramment pour la désinfection de l'eau de boisson. Les hypochlorites sont des oxydants capables de dégager du chlore, Leurs solutions sont définies par leur degré chlorométrique (nombre de litres de chlore dégagés en milieu chlorhydrique par kilogramme de produit) leur action antiseptique est liée à la production de ce gaz, qui agirait comme oxydant au niveau de la membrane et des enzymes cytoplasmiques des bactéries c'est un soluté concentré de l'hypochlorite de soude du commerce. Son titre en chlore actif est compris entre 12° et 40°, alors qu'un extrait de javel à un titre supérieur ou égal à 40°. Leur efficacité est réduite en présence de matières organiques, d'où la nécessité de renouveler les applications. Pour la fabrication industrielle de l'eau de javel on fait agir le chlore sur la soude, on obtient du sel de l'eau et de l'hypochlorite le mélange de ces trois produits constitue l'eau de javel.



Pour la stérilisation courante de l'eau de boisson 1 goutte de javel à 14° chlorométrique peut donc assainir 1 litre d'eau ce qui donne 50ml pour 1000 litres à 14° chlorométrique (ou 2,25g. Poids de chlore nécessaire pour assainir 1000 litres d'eau ; 3,21g : poids du litre de chlore). L'eau de javel à 12° (1 litre pour 40 mètres cubes d'eau). Si le titre de l'eau de javel n'est pas connu, ce qui est souvent le cas, déterminer, par un essai préliminaire, la dose à employer pour réaliser la stérilisation. Pour cela, introduire dans 10 litres d'eau une petite quantité d'eau de javel, 10 gouttes par exemple. Laisser agir pendant une demi-heure, puis ajouter un cristal d'iodure de potassium et un fragment de mie de pain ou un peu d'amidon de farine ; une coloration bleue de la mie de pain ou de l'amidon indiquera la mise en liberté de l'iode à partir de l'iodure. L'absence de toute coloration prouvera une insuffisance d'hypochlorite. Dans ce cas, il faudra ajouter une nouvelle quantité d'eau de javel attendre une demi-

heure et recommencer l'épreuve. On continuera de la sorte, Si c'est nécessaire, jusqu'à coloration bleue de la mie de pain. La couleur jaune de l'eau de javel est due à la présence de bichromate de potassium. Récemment les allergologues ont attiré l'attention sur le pouvoir allergisant du chrome pour cette raison dans les pays de communauté européenne, le chrome a été retiré de l'eau de javel qui est désormais vendu sous forme de solution incolore. (Fontaine, 1995, Bouziani, 2000).

5.4. La javellisation de l'eau d'une source

La méthode de choix pour désinfecter une source est la chloration.

La chloration est effectuée en procédant selon des étapes suivantes :

- Un lavage avec curage et brossage des parois de la chambre de captage, après vidange.
- Un rinçage et une désinfection de chambre de captage par une solution concentrée de chlore préparée en dissolvant 50 grammes de chlorure de chaux dans 10 à 15 litres d'eau.
- Le contact désinfectant l'eau doit persister au moins pendant douze heures.
- Le taux de chlore résiduel dans l'eau de source est de 0.7 mg par litre d'eau.
- L'efficacité de la javellisation d'un réseau d'eau potable doit faire l'objet d'un contrôle permanent. (Bouziani 2000).

Le principe de la désinfection de l'eau consiste non pas à détruire tous les organismes vivants dans l'eau mais plutôt, de garantir l'absence de germes infectieux et d'éviter toute contamination extérieure d'un réseau de distribution d'eau. En effet, dans toute eau destinée à la boisson, une bonne chloration doit permettre de retrouver une certaine Quantité de chlore (le chlore résiduel). Il faut souligner qu'une dose trop élevée donnerait à l'eau traitée une saveur désagréable, dose trop faible n'assurera pas une désinfection suffisante. (Bouziani, 2000). La javellisation automatique, consiste à une désinfection permanente de l'eau doit être assurée, par l'installation d'un système automatique, c'est un procédé qui permet de déverser de l'eau de javel en permanence, selon un débit réglé et constant.

5.5. La désinfection des eaux de puits

La désinfection d'un puits, permet de neutraliser la contamination bactérienne pour le désinfecter puis, il est indispensable de déterminer son volume qui s'obtient par la formule suivante :

$$V = H (R^2 \times 3.14)$$

R= au rayon

H= la hauteur de l'eau

Les principales étapes de désinfection sont :

- Une vidange totale des puits avec une pompe.
- Nettoyage avec curage, brossage et lavage de parois du puits avec une solution concentrée de

chlorure de chaux.

- L'eau de puits peut être consommée lorsque la teneur en chlore résiduel sera inférieure à 0,4mg par litre.

Si le volume du puits est important et qu'il ne peut être vidé on peut verser dans le puits de l'eau de javel à douze degrés, à raison de 100 Cc/ m³ d'eau. (Ou bien 1 litre d'eau de javel par 10m³ d'eau). Et on laisse en contact pendant 12 à 24 heures avant l'exploitation, en cas de non disponibilité d'eau de javel, on peut utiliser le lait de chaux, préparé en dissolvant 1kg de chaux vive dans 10 à 15 litres, cette solution est utilisée pour 1m³ d'eau de puits à désinfecter.

Le nettoyage et la désinfection d'un puits doit être complété par la mise en place d'un système de désinfection permanent :

La brique poreuse remplie de chaux. (Bouziani, 2000).

Ministère de la santé publique

Le chaulage des puits Par Le procédé de brique poreuse

Le chaulage des puits est pratiqué depuis longtemps dans la lutte contre les maladies transmises par l'eau (typhoïde, choléra, dysenterie...etc.)

Un procédé nouveau, utilisant comme récipient - une brique poreuse - une brique à trous du commerce, a été mis au point.

Peu coûteux, facile à mettre en oeuvre, il permet une désinfection chimique continue durant une durée d'environ 03 mois : le chlore du chlorure de chaux diffuse lentement à travers la paroi poreuse de la brique immergée dans l'eau du puits, assurant un dosage correct du chlore résiduel.

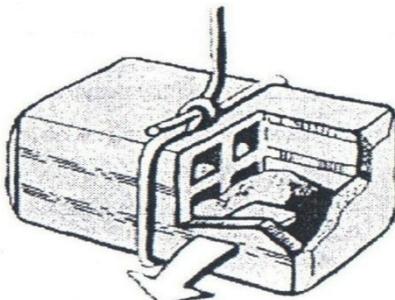


Figure17 : Fiche technique M S P.

5.6. La désinfection des réservoirs

Un réservoir fonctionnel doit être également et périodiquement, désinfecté une fois tous les six mois, la périodicité du nettoyage varié, en effet, avec la qualité de l'eau, la situation épidémiologique et la capacité du réservoir. On doit nécessairement vérifier l'étanchéité des parois et l'état du couvercle du réservoir. Pour désinfecter un réservoir de stockage de l'eau, on procède de la manière suivante :

- Vider le réservoir et fermer l'adduction d'eau
- On nettoie énergiquement les parois intérieures du réservoir
- On pratique un rinçage des parois avec une solution d'eau de javel
- On remplit le réservoir à moitié, on déverse l'eau de javel de 12° qu'on laisse agir pendant au moins douze heures, puis on effectue un dernier rinçage
- Après avoir respecté les conditions de désinfection le réservoir peut être utilisé pour
- l'alimentation. (Bouziani, 2000).

L'administration de médicaments en utilisant une eau traitée avec un stérilisant peut altérer la solubilité des médicaments ou même entraîner une précipitation. Dans certains cas les désinfectants de l'eau peuvent amoindrir la puissance pharmacologique des médicaments, ou même entraîner l'inactivation totale de ces derniers. Il est conseillé de neutraliser les dérivés chlorés avec 10g de thiosulfate de sodium par m³ d'eau. (Annexe 11) ;(Vermeulen et al. 2002 ; Leorat, 2013).

Matériels
&
Méthodes

2. Matériel pour une analyse bactériologique

2.1. Matériel de prélèvement

Le matériel est préparé en 2 jours au préalable avant la réalisation des prélèvements en quantités suffisantes (conservé au réfrigérateur), et il est transporté dans une glacière.

- Tube à essai. 22 ml.
- Flacons, 250 ml.
- Boîte de pétri remplies des milieux de cultures.
- Cloche de Durham.
- Bec bunsen.
- Bain marie.
- Pipette pasteur.
- Pipette graduée. 10 ml
- Autoclave.
- Four pasteur.
- Etuve réglée à 37°C.

2.2. Méthode de prélèvement

L'échantillon qui doit être soumis à l'analyse sera prélevé soigneusement dans un récipient stérile dans des conditions d'asepsie rigoureuse et de telle sorte qu'il soit représentatif de l'eau à analyser. Pour l'eau de robinet, il est indispensable d'attendre que l'eau en stagnation dans les canalisations soit éliminée. En pratique, il convient d'ouvrir le robinet à débit maximum pendant 5 à 10 secondes puis de la ramener à un débit moyen pendant 2mn, l'analyse devra suivre rapidement le prélèvement (maximum de 8 h).

L'échantillon doit toujours être transporté et stocké au froid à + 4°C pour éviter la pullulation des germes présents dans l'eau. Pour faciliter le travail de l'analyste et l'exploitation des résultats tout en évitant les erreurs, il convient d'étiqueter ou de numéroter soigneusement les prélèvements. (Gounelle, 1957 ; Leclerc et al, 1961 ; Leclerc, 1977 ; Vial et al, 1980 ; Delattre et al, 1992 ; Rodier et al. 2009)

2.2.1. Le Matériel de laboratoire

Pour toute opération, le matériel de laboratoire doit être stérile, elle doit se faire à proximité du bec bunsen (20 cm) afin d'assurer les conditions d'asepsie. (Annexe, 35).

2.2.2. Milieux de culture

- **La gélose nutritive**

C'est le milieu utilisé pour le dénombrement de la flore totale aérobie mésophile (F.T).
(cf. Annexe 15).

- **Le bouillon lactose au pourpre de bromocrésol**

IL est utilisé pour la recherche des coliformes. (cf. Annexe 16).

- **Le Milieu de Shubert**

IL est utilisé pour l'isolement des coliformes fécaux (E. Coli). (cf. Annexe17).

- **Le Milieu de Rothe**(le bouillon glucosé à l'azide de sodium).

IL sert de test présomptif pour la recherche des streptocoques fécaux. (cf. Annexe 21).

- **Le Milieu de Litsky**

IL est utilisé pour le test confirmatif effectué pour la recherche des streptocoques Fécaux. (cf. Annexe 22).

- **La Gélose Viande Foie**

C'est un milieu utilisé pour la recherche des clostridium sulfito-réducteurs. (cf. Annexe 23).

- **Le Milieu Sélénite de Sodium** C'est un milieu de pré – enrichissement pour les salmonelles. (cf. Annexe 24)

- **La Gélose Hecktoén**

Elle est utilisée pour l'isolement des salmonelles. (cf. Annexe 25).

2.2.3. L'analyse bactériologique

L'analyse bactériologique d'une eau de consommation consisterait logiquement à rechercher les micro-organismes pathogènes qu'elle peut contenir. Cette perspective est impossible à réaliser en raison du nombre important de tests à effectuer, des difficultés qu'elles présentent et de leur coût. La très grande majorité des micro-organismes pathogènes sont éliminés dans l'eau par les matières fécales ou les urines. Aussi, est-il plus simple d'estimer la possibilité de leur présence en recherchant les germes fécaux qui les accompagnent et qu'on appelle pour cette raison des germes **tests de contamination fécale**. Ce sont des micro-organismes saprophytes, toujours ou fréquemment isolés du tube digestif de l'homme ou de l'animal. Ils sont, en outre, beaucoup plus résistants que les germes pathogènes dans l'environnement. Pour ces raisons, leur mise en évidence est relativement simple, facile et mettant en œuvre des techniques peu coûteuses. Ceci est fondamental pour que ce contrôle soit effectué régulièrement et fréquemment, dans tous les pays même peu développés du point de vue technique.

En France, R. Buttiaux a fixé les différentes modalités opératoires de ces analyses.

L'étude bactériologique de l'eau est conduite selon les méthodes classiques et les recommandations de la norme Européenne. (R. Buttiaux, 1951, H. Grounelle, 1957 ; H. Leclerc, 1977).

1. Le Dénombrement des Germes Totaux

La technique consiste simplement à incorporer une quantité connue de l'eau et ses dilutions dans un milieu gélosé PCA (Plate Count Agar) (cf. annexe 15.).

On incube à 37°C pendant vingt quatre heures pour les germes dits <<pathogènes>> (Archambault J et al, 1937, H. Leclerc, 1977).

Le mode opératoire est résumé dans la figure 15,16 la gélose nutritive fondue est refroidie à 45°C et coulée aseptiquement dans la boîte à pétri, on homogénéise en procédant par des mouvements concentriques ou en huit, retourner les boîtes et les incuber dans cette position le dénombrement se fait sur les boîtes contenant 30 colonies au moins et 300 au plus.

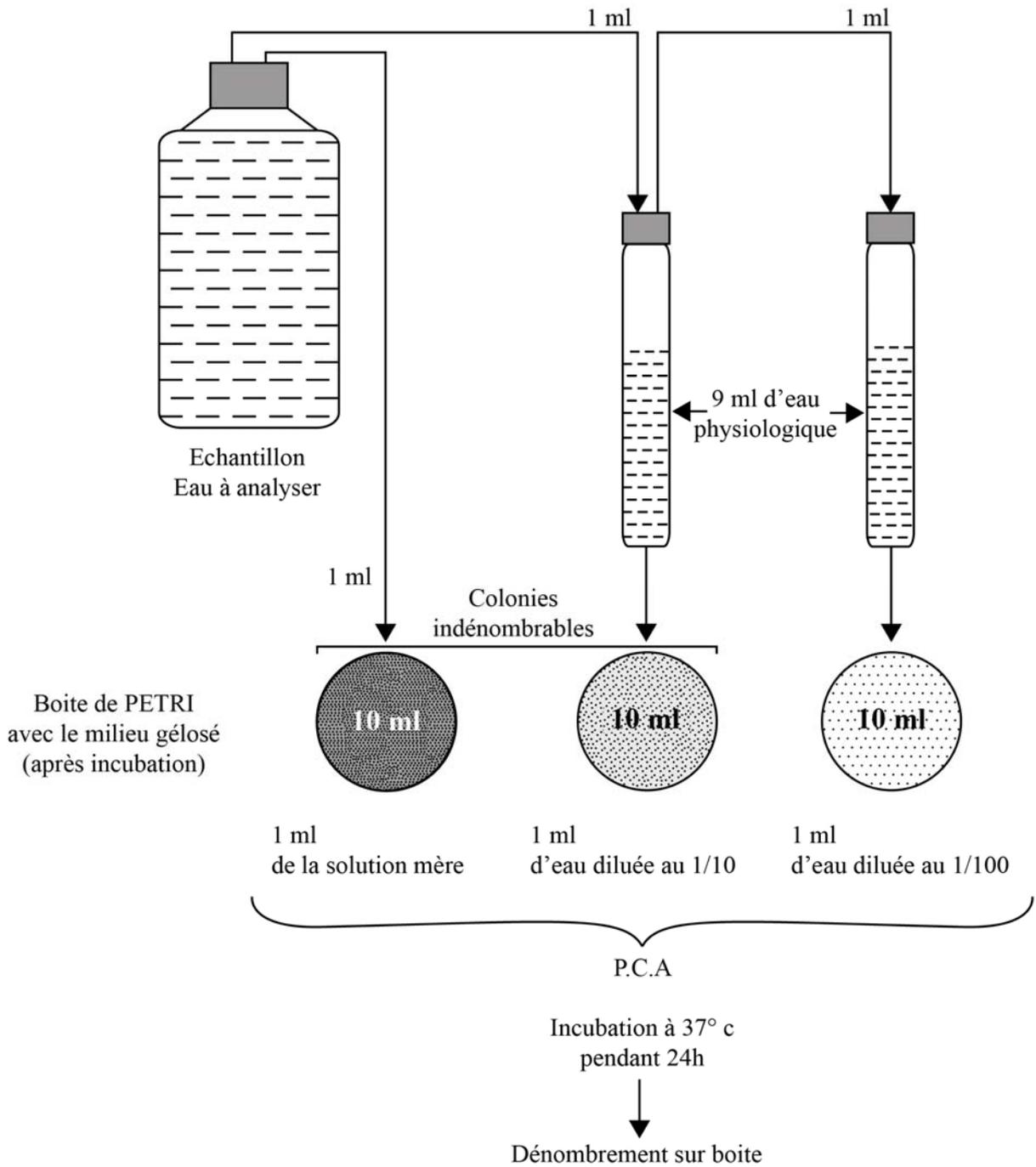


Figure 18 : La technique du dénombrement des germes totaux .

Cette technique renseigne sur l'évolution du nombre des micro-organismes dans une nappe aquifère et par voie de conséquence sur le degré de protection que lui confère son site géologique.



Figure 19: La recherche des germes totaux.

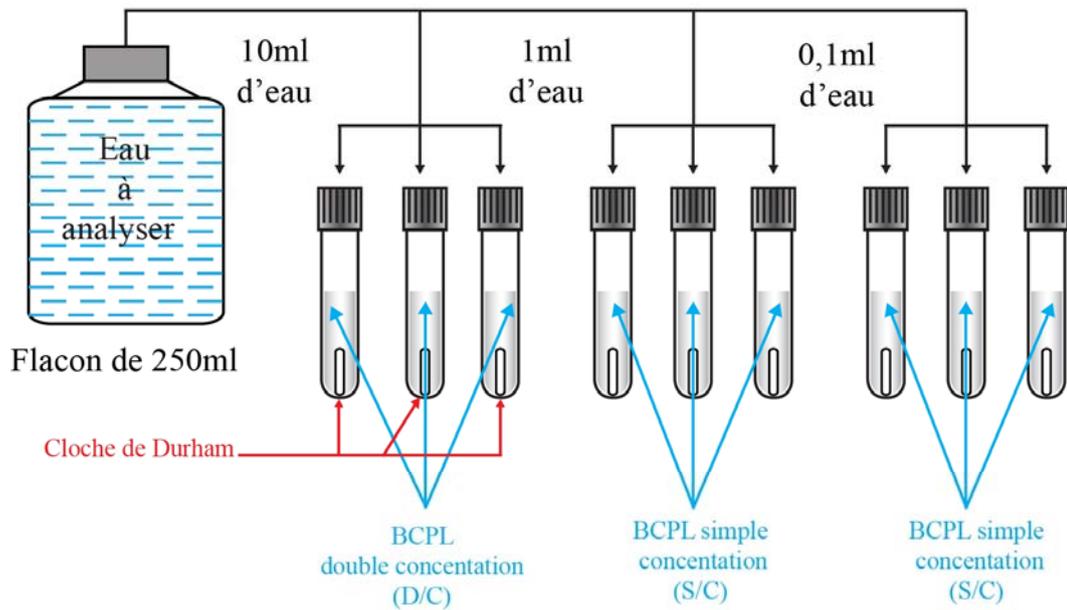
2. La colimétrie

C'est la recherche et le dénombrement des coliformes, c.-à-d. des *Escherichia Coli*. Et des espèces *Klebsiella*, *Entérobacter*, *Citrobacter*. On remarque que la fermentation du lactose est un caractère commun à tous ces germes.

La technique consiste à ensemercer les eaux ou leurs dilutions dans des séries de tubes de bouillon lactose, munis d'une cloche de Durham pour la mise en évidence de la production de gaz après 24 à 48 H d'incubation à 37°C, les tubes où le lactose est fermenté avec gaz sont retenus.

Ils contiennent éventuellement des coliformes, étant donné l'incertitude de cette première phase de l'analyse ou l'appelle **test présumptif**. Dans un deuxième temps, on effectue à partir des tubes sélectionnés une subculture sur des milieux spéciaux : exemple milieu bilié lactose au vert brillant ou une eau peptone que l'on incube à 44°C durant 24 h dans un bain-marie. La présence d'un trouble et la production d'un gaz sur bouillon lactosé à la bille et au vert brillant (BLBVB) et la production d'indole qui se manifeste par un anneau rouge après addition de quelques gouttes du réactif de Kovacs sur milieu eau péptonée exempte d'indole est significative de la présence d'un *Escherichia Coli* : c'est le test confirmatif. (Buttiaux.R et al, 1956, Hoskins J.K, 1933 H.Leclerc, 1977, Oger C et al, 1981 Richard C, 1985). (cf., annexes 16,17).

Le mode opératoire et résumé de la figure 18,19



Incube à 37° C pendant 48h.

S'il y a un virage du couleur + trouble + présence du gaz dans cloche, le tube est considéré positifs T+.

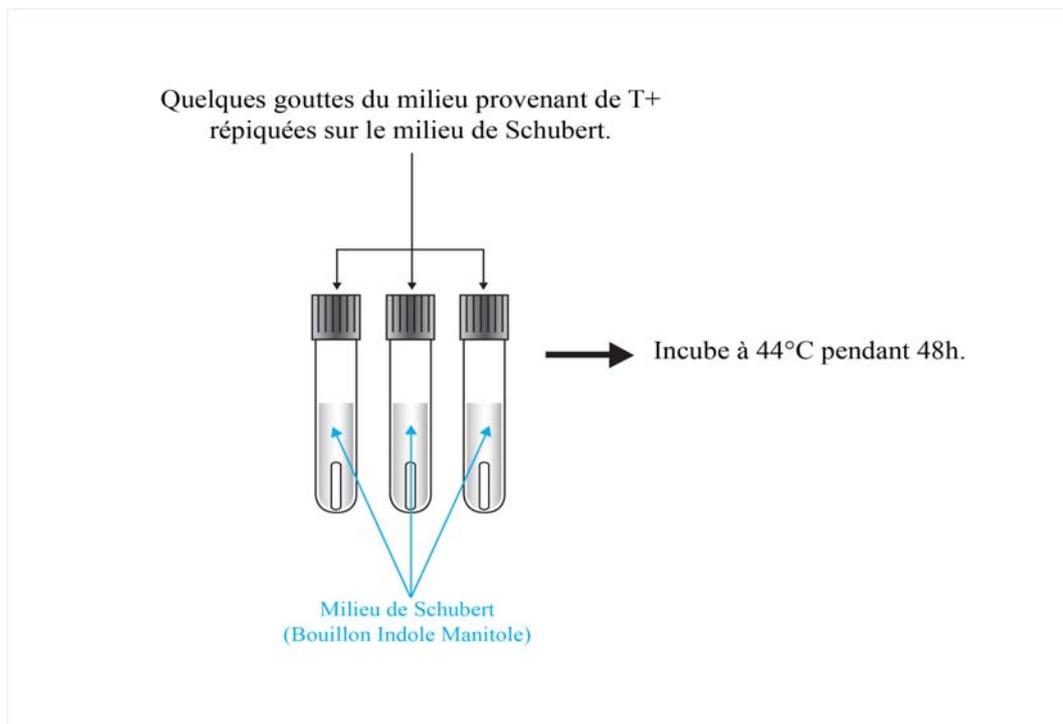


Figure 20 : La recherche des coliformes. (Test présomptif).

Si les tubes présentant une turbidité + un dégagement gazeux, ils doivent être considérés positifs, la production d'indole peut être mise en évidence par ajout du réactif de Kovacs.

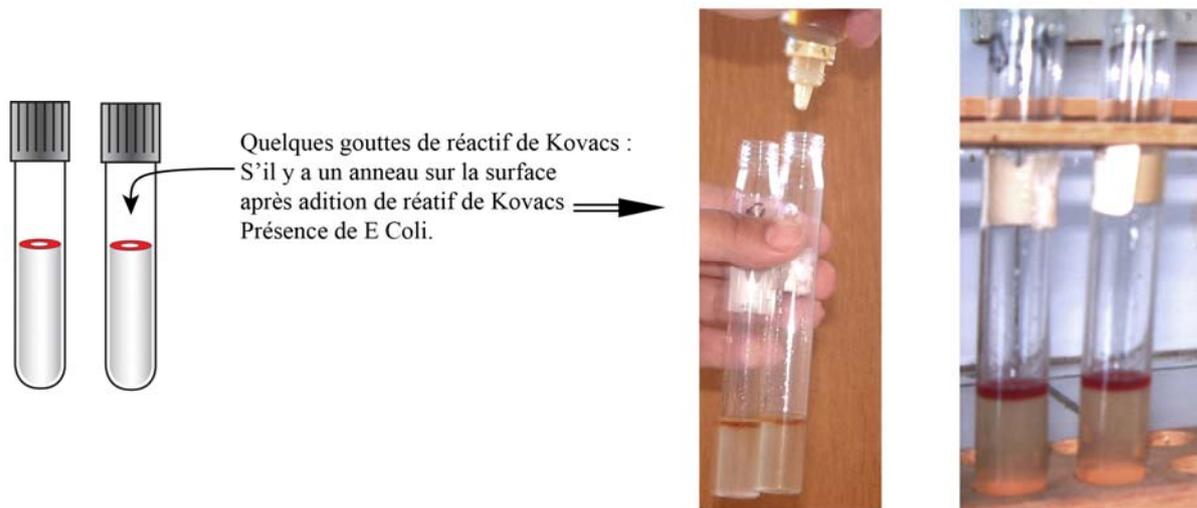


Figure 21 : La recherche des coliformes (**test confirmatif**).

Remarque :

Avant d'ensemencer les tubes, il faut vérifier qu'il n'y a pas de bulles d'air sous la cloche, pour éviter de faux résultats, il faut bien agiter pour que l'inoculum soit reparti y compris sous la cloche

Lecture

Dans le test présomptif tous les tubes présentant, des troubles avec un virage de la couleur au jaune et présence de gaz dans la cloche sont considérés comme positifs.

On note le nombre de tubes positifs dans chaque série et on reporte à la table de Mac Grady, qui est présentée dans le tableau 10.

Dans le test confirmatif les tubes présentant du gaz dans la cloche et une réaction indole positive (anneau rouge en surface, après addition 0,5 ml de réactif Kovacs) sont considérés comme positifs c'est-à-dire contenant des E. Coli.

Noter le nombre de tubes positifs et se reporter à la table de Mac Grady, pour obtenir le nombre d'E. Coli présent dans 100 ml.

N.B : Le test présomptif indique le nombre de coliformes, le test confirmatif indique le nombre de coliformes thermo tolérants = C.T.T.

Tableau 10: Exemple de la lecture sur la table de **Mac Crady**. (Maccrady H, 1915).

Dénomobrement des coliformes			
Dilutions	10 ml	1 ml	10 ⁻¹
Groupements des résultats	+ - -	+ + -	- - -
Nombre correspondant	1	2	0

Le numéro 120 correspond à 11 E. Coli sur la table de Mac Crady. (Annexe 18, 19).

Les normes

S'il y a présence de colibacilles (E. Coli), on conclue que : l'eau est de mauvaise qualité bactériologique, quelque soit le nombre de coliformes.

En cas d'absence de colibacilles (00 = colibacille).

La qualité de l'eau dépend du nombre de coliformes (N).

$N < m$, ($m=10$) implique que l'eau est de bonne qualité bactériologique.

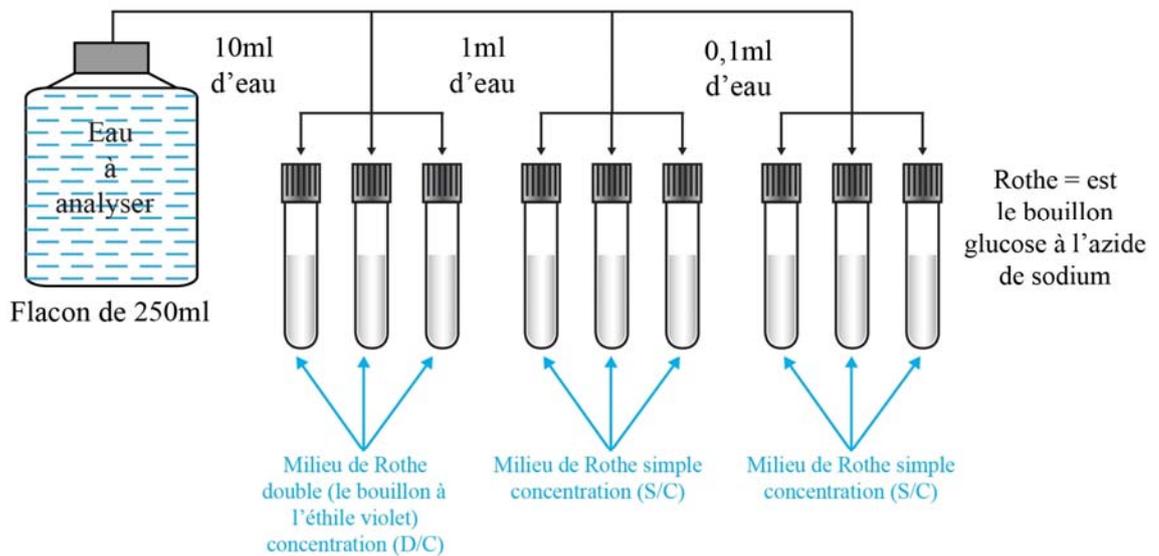
$N > M$, ($m=10$), implique que l'eau est de mauvaise qualité bactériologique. (Annexe 20).

2. Le dénombrement des streptocoques fécaux

Les streptocoques fécaux sont les streptococcie classés dans le groupe sérologique D de Lancefield : streptocoque faecalis, s. faecium, s. durans, s. bovis, s. faeequinus. Ils sont caractérisés par leur aptitude à cultiver dans des conditions hostiles de croissance. Ils supportent, par exemple, la présence d'agents chimiques inhibiteurs comme le tellurite de potassium, l'azothydrate de Sodium ou l'éthylviolet, colorant bactéricide Leur recherche met à profit cette propriété, dans des milieux contenant de l'azothydrate de sodium et éventuellement de l'éthylviolet (milieu de Rothe, milieu de litsky), ils se multiplieront seuls tandis que le développement de tous les autres microorganismes qui les accompagnent sera totalement inhibé. L'apparition d'un trouble microbien dans tels milieux incubés dans des conditions définies, témoignera de la présence des streptocoques Fécaux. (Beerens H et al, 1956, Beerens H et al, 1961, H.Leclerc, 1977, Marchal N,1989 ;Bousseboua H,2003).

La composition de ces milieux est donnée en annexe. (cf. annexes 21,22)

Le mode opératoire et résumé dans la figure 20,21



Incube à 37° C pendant 48h.
s'il y a un trouble les tubes sont considérés positifs T+

Figure 22 : La recherche des Streptocoques fécaux (**test présomptif**). (cf. Annexe 21).

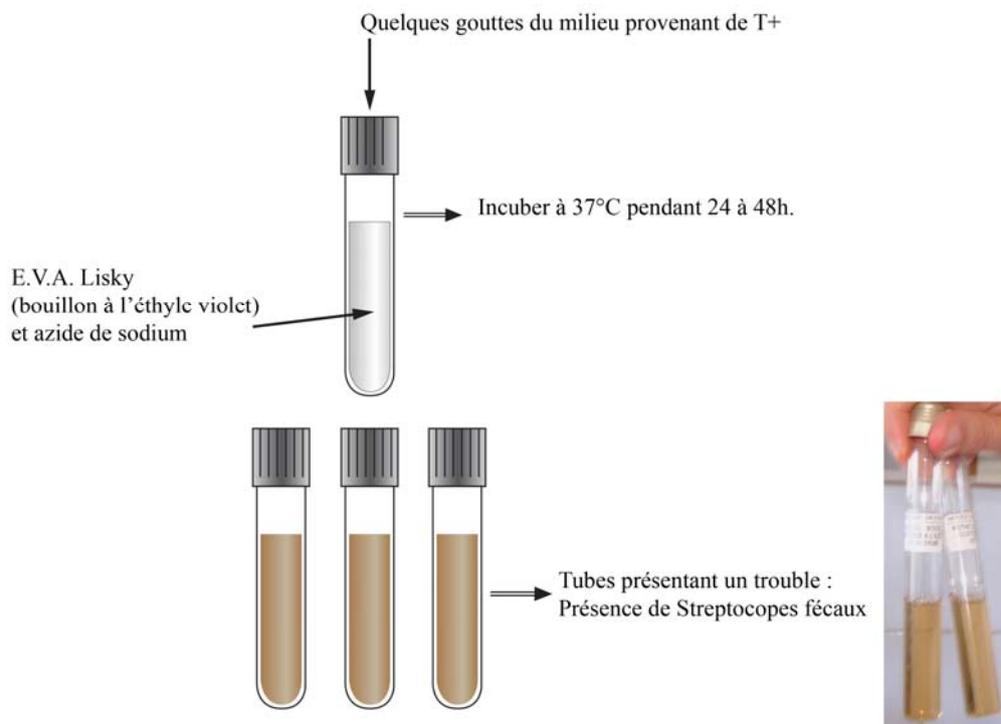


Figure 23: La recherche des Streptocoques fécaux (**test confirmatif**). (cf. Annexe 22).

S'il y a un trouble et une pastille blanchâtre ou violette au fond du tube : Présence de streptocoques fécaux.

Lecture

Pour le test présomptif les tubes présentant un trouble microbien sont considérés comme positifs.

Les tubes d'E.V.A présentant à la fois :

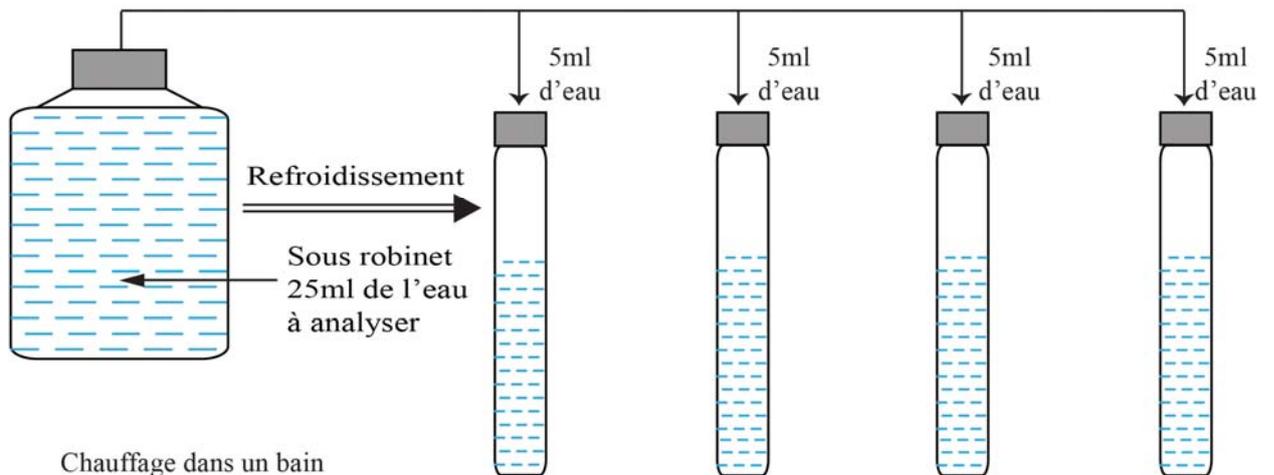
- Un trouble microbien et une pastille blanchâtre au fond du tube
- On note tous les tubes positifs et on revient à la table de Mac Grady pour exprimer le nombre de streptocoques fécaux.

4. Dénombrement des bactéries sulfito-réductrices

La recherche des spores de clostridium sulfito-réducteurs permet de mettre en évidence un groupe de bactéries anaérobies caractérisées par la résistance de leurs spores, et par un équipement enzymatique réduisant plus ou moins activement les sulfites en sulfures.

On commence par la destruction des formes végétatives : la destruction s'effectue en portant l'eau à analyser dans un bain-marie à 80 ° C pendant 10 minutes, puis refroidir rapidement, on utilise la gélose viande foie à laquelle on ajoute 20 gouttes de sulfite de NA, et 4 gouttes d'alun de fer dont la composition est donnée dans l'annexe. (cf. annexe 23).

Avec une bonne homogénéisation sans faire pénétrer l'air. Après l'incubation à 37 °C pendant 72 h, on fait une lecture toute les 24 heures car des colonies du clostridium sulfito-réducteur sont envahissantes et la lecture sera impossible la présence des colonies noires entourées d'un halo noir signifie la présence des spores de clostridium sulfito-réducteurs. (Beerens. H et al, 1956, Beerens .H et al, 1961).



Chauffage dans un bain
marie à 80° C pendant 8 à
10 minutes.

Incuber à 37° pendant 24h à 48h.

On ajoute à 5ml d'eau de chaque tub e 4 gouttes
d'alun de fer + 20 gouttes de sulfite de sodium + 12ml
gélose viande foie fondu à 45°C.

Laissez se solidifie sur la paillasse pendant 30 mn.

S'il y a présence de grosse colonie noire

Il y a présence de clostridium sulfito-réducteur.

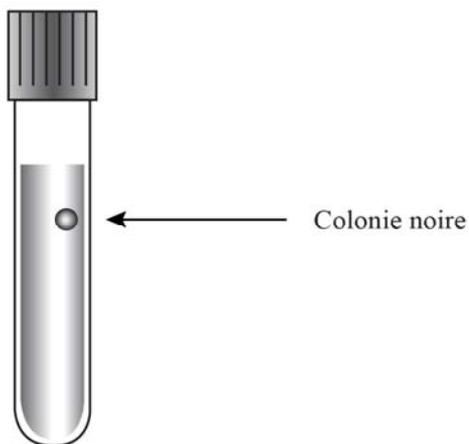


Figure 24 : La recherche de clostridium sulfite - réducteur.

5. La recherche des salmonelles

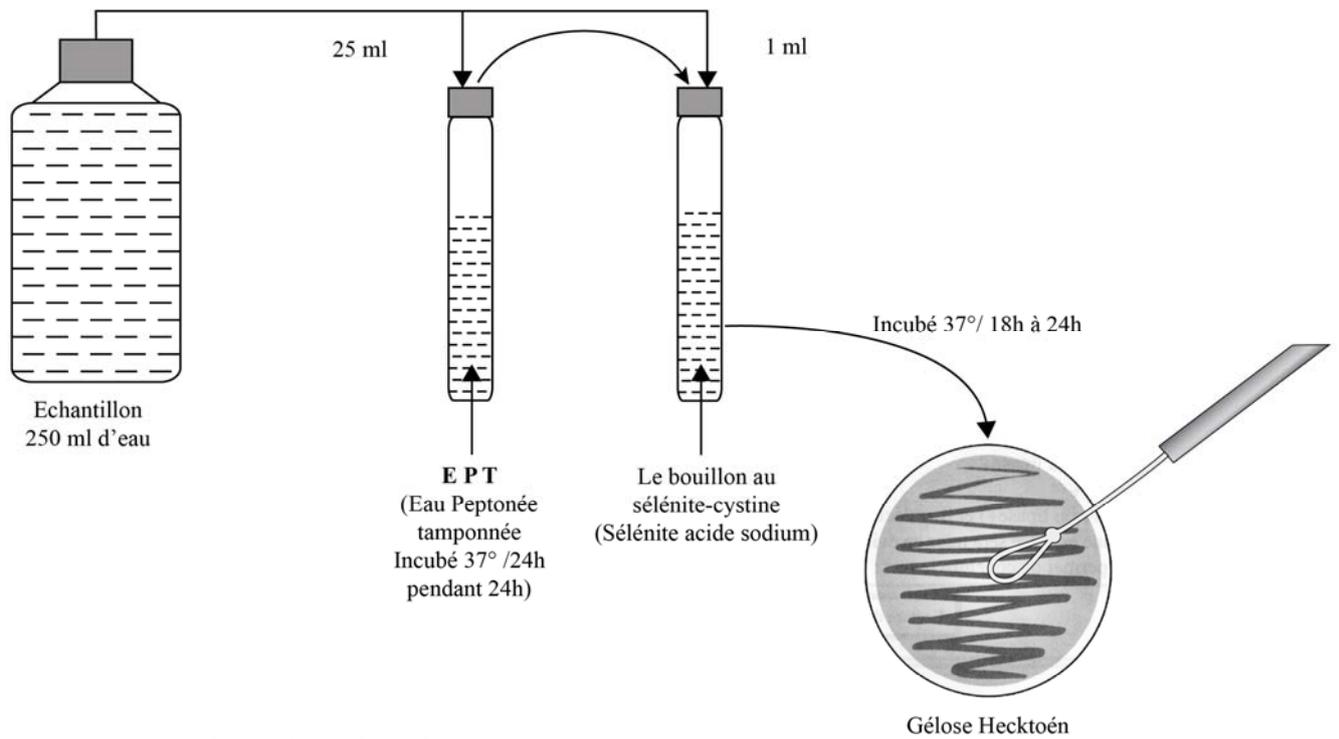
La recherche des salmonelles dans l'eau d'alimentation se base sur un enrichissement sur milieu de sélénite de sodium et puis l'isolement sur gélose Hecktoen.

Donc les milieux de culture utilisés sont le bouillon sélénite de sodium (cf. Annexe 24).

Et la gélose Hecktoen, dont la composition est donnée dans (l'Annexe 25).

La recherche des salmonelles comporte 3 étapes : Le pré-enrichissement qui consiste à ensemer un flacon d'eau peptoneé tamponnée avec 25ml de l'échantillon à analyser, incubé 24 h à 37°C.

- L'enrichissement : à partir de l'eau péptonée tamponnée, ensemer un tube de sélénite (1ml) incubé à 37°C pendant 18 h à 24 h.
- L'isolement : à partir du bouillon sélénite, ensemer une boîte d'Hectoen par ensemer en surface, incubé à 37°C pendant 24 h.
- Enfin, les colonies suspectes sont soumises à des tests d'identification biochimiques et sérologiques (cf. Annexe 26).
- Après 24 heures, s'il y a présence de colonies verdâtres, ou grise bleu à centre noir suspicion de présence de salmonella. (Leclerc, 1977).



Incuber à 37°C pendant 24h.

S'il y a colonie saumon → présence de coliformes.

s'il y a colonie verdâtre à centre noir → suspicion de salmonella.

Figure 25 : Mode opératoire pour la recherche des salmonelles

2.2.4. Analyse physico-chimique de l'eau de boisson

Pour déterminer la qualité des eaux contaminées par les substances minérales, on se limite à déterminer des indices généraux de pollution tels que le pH, TH (titre hydrotimétrique), le taux de nitrate, le fer...etc. Les échantillons d'eau ont été conservés à 4°C pendant le transport au laboratoire, puis sont analysés dans les 24 heures qui suivent. Lorsque les échantillons sont conservés, ils sont mis au réfrigérateur. Avant de procéder aux opérations analytiques, il est essentiel que toutes les dispositions soient prises, telles que l'homogénéisation au moment du dosage.

2.2.4.1. Détermination du pH

- **Principe**

Le pH mesure le niveau d'acidité ou d'alcalinité d'une solution. Il fournit une valeur sur une échelle de 0 à 10 : une valeur inférieure à 7 est dite acide et une valeur supérieure à 7 est dite alcaline (ou basique) plus on se rapproche de 0 plus la solution est acide et de la même façon plus on se rapproche de 10, plus la solution est alcaline. Lorsque l'on parle d'eau la valeur pH est directement reliée à l'activité en proton des ions d'hydrogène chargés positivement (H^+) et des ions d'hydroxyde chargés négativement (OH^-).

- Lorsque l'eau a une concentration égale d'ion H^+ et d'ions OH^- , on dit qu'elle est neutre ($pH=7$).
- Lorsque l'eau a une concentration supérieure d'ions H^+ , on dit qu'elle est acide ($pH < 7$).
- Lorsque l'eau a une concentration supérieure d'ions OH^- , on dit qu'elle est alcaline ($pH > 7$).

(Rankin . 1918 ; Rodier et al, 2009).

- **Mode opératoire :**

La détermination du pH s'effectue à l'aide d'un pH - mètre, au moyen d'un couple d'électrode de verre (ou l'électrode combinée), calomel saturé plongeant dans le liquide à analyser, après stabilisation de la lecture, on notera le potentiel mesuré ainsi que la température. La pile ainsi formée est caractérisée par une différence de potentiel se fait au moyen de millivoltmètre électronique à haute impédance d'entrée, graduées directement en unités du pH, ces appareils doivent être étalonnés régulièrement avec des solutions tampons (pH_4 , pH_7).

(Vivin, 1957 ; Langelier, 1946 ; Bates, 1978 ; Rodier et al. 2009).

2.2.4.2. Détermination du titre hydrotimétrique (TH)

- **Principe**

Le titre hydrotimétrique exprime la teneur de l'eau en sels de calcium et de magnésium.

Ces deux éléments précipitent avec le savon qui perd ainsi son pouvoir détersif et ne mousse que difficilement pour ces raisons une eau à titre hydrotimétrique élevé est dite dure dans le cas contraire, elle est douce. (Chen et al. 1998 ; Rodier et al. 2009).

- **Mode opératoire**

On met 10 ml d'eau à analyser dans un bécher puis on ajoute 2ml de solution tampon pH 10,1 (75ml de NH_4OH d : 0,925) et 10gr de NH_4CL diluer à 10ml d' H_2O distillée) et 0.2g d'ériochrome noir (N.E.T). On procède au titrage avec E.D.T.A à 0.01M (sel disodique de l'acide éthylène diamine tétra-cétique), on met le tout sur un agitateur jusqu'au virage du rose en bleu. On lit directement le résultat sur la burette en degré français, puis on fait la différence des deux volumes et le résultat obtenu est multiplié par deux. **L'ériochrome noir T** est un indicateur, en présence des Ca^{2+} et Mg^{2+} se colore en rouge, il vire au bleu quand la quantité d'acide a suffisamment complexé tous les ions de Ca^{2+} et Mg^{2+} présent les déplaçant du complexe avec l'ériochrome noir T. (Rodier J et al. 2009).

2.2.4.3. Dosage des nitrates

- **Principe**

Les nitrates sont réduits en nitrites par une solution d'hydrazine, en milieu alcalin et en présence de sulfate de cuivre comme catalyseur. Les nitrates obtenus sont alors dosés par calorimétrie : diazotation avec l'acide sulfanilique et copulation avec l'naphtylamine. On mesure la densité du colorant ainsi formé à 520 nm. Pour éviter toute contamination, toute la verrerie et les pipettes sont rincés à l'acide chlorhydrique à 5% puis à l'eau distillée.

- **Mode opératoire** (cf. Annexe 27).

- a) Mélange réducteur (à préparer au moment de l'emploi)

Solution de sulfate de cuivre 6,5ml+Solution d'hydrazine 6,5ml + eau distillée, on met tout le mélange dans une fiole de 250 ml, on prend 5 ml de ce mélange et on met dans la gamme préparée et les échantillons puis on prend 5 ml de NaOH et on ajoute à la préparation (gamme + échantillon) on met dans l'obscurité 1 heure (au repos) puis on ajoute 40 ml de la solution de travail ou de réactif (10ml de Acétone + 20 ml Acide sulfanilique + 20ml E.D.T.A + 20 ml Naphtylamine + 20 ML Acétate de sodium + eau distillé est ajouté suivant la fiole ici dans notre cas on a utilisé deux fioles une fiole de 1000 ml et une fiole de 500 ml pour éviter le gaspillage de nos produits, on laisse la coloration se développer dans l'obscurité pendant ¼ heure et on met 40 ml de la solution de travail dans la gamme et les échantillons.(voir annexe 27). Mesurer sa densité au colorimètre à 520nm. (Un spectrophotomètre DR 2000).Le passage au colorimètre nécessite en général un transvasement de la solution colorée dans un tube à essai, plus ou moins transparent à la lumière. Cette opération ne doit intervenir que juste avant la mesure optique afin que la solution soit exposée un minimum de temps à la lumière à laquelle elle est très sensible. La réduction des nitrates est partielle et varie avec le temps et la température.il est important que la mesure des échantillons soit toujours accompagnée d'une mesure des solutions étalons, traitées dans les mêmes conditions.

2.2.4.4. Fer

Le matériel utilisé est une spectrométrie d'émission à l'aide d'un générateur inductif de plasma couplée à la spectrométrie de masse associé à la production d'ions dans un plasma haute fréquence couplé inductive ment à une torche généralement refroidie à l'eau, à l'aide d'un nébuliseur approprié, l'échantillon à analyser est induit dans ce plasma où règnent des températures élevées (5000 à 8000°C),ce qui provoque la dissociation totale des constituants des échantillons (désolvation ,atomisation et ionisation).Soumis à ces températures élevées, l'élément chimique est excité(comme en émission de flamme) et retourne à l'état fondamental en perdant son excédant d'énergie par émission de radiations qui lui sont caractéristiques, pour un élément ,cette émission optique des atomes conduit à un spectre d'émission complexe avec une multitude des radiations accompagnées d'un fond continu , il est donc nécessaire de disposer de système élaboré pour analyser ces spectres et accéder à une analyse multi élémentaire quantitative des constituants de l'échantillon. C'est le spectromètre de masse qui sépare et détecte les ions en fonction de leur rapport masse /charge. Et cela nous donne des pics de longueurs d'ondes. (Rodier, et al, 2009).

2.2.4.4. Dosage du Chlore libre

- **But**

Le dosage permet de savoir si une eau est traitée ou non. Dans le cas où elle est traitée, elle contient plus de 0.6 de chlore, c'est-à-dire elle est exempte de bactéries, étant donné que celles-ci sont toutes mortes. Donc l'analyse bactériologique n'est pas nécessaire ; dans le cas contraire, l'analyse est obligatoire.

- **Mode opératoire**

Le matériel utilisé :

Le DPD (est la méthode normalisée) ; donne en présence de chlore un complexe de chloration rose d'intensité croissante susceptible d'un titrage volumétrique, (le réactif DPD est présenté sous forme de capsule n°1, 2,3 et 4). (cf. Annexe 28).

1. Des capsules DPD, (epreuve à la diéthyl- p-phénylènediamine).
2. Un comparateur standard.
3. Deux cuvettes.
4. Une plaquette (chlore), colorées, gradués de 0,1 à 0,9 mg.

- **Technique de mesure**

Après avoir rincé les deux cuvettes avec l'eau à analyser, on remplit l'une des cuvettes avec la même eau, que l'on place dans le comparateur, puis on remplit la seconde cuvette, dans laquelle, on fait agiter énergiquement afin de dissoudre la pastille (comprimé DPD^{n°1} : révélateur du chlore). Sans attendre, on introduit la deuxième cuvette, dans le comparateur, coté repère (réactif) et on fait tourner la plaquette de comparateur que l'on doit porter à hauteur des yeux, face à la lumière (non face au soleil), lorsque la coloration est uniforme, comparer avec l'échelle colorimétrique jusqu'à apparition de l'écran coloré de même teinte (une couleur rose) que l'eau additionnée de réactif et lire la valeur obtenue. (Palin, 1970, Bauer. et al. 1972, Palin, 1974, Rodier et al. 2009).

Le chiffre placé en face de l'écran donne en mg par litre la teneur en chlore libre. Les comprimés DPD sont très sensibles à l'humidité et à la lumière du soleil, par conséquent, ils doivent être stockés dans un endroit sec, et ne pas être touchés du doigt au cours de la manipulation, ni placés au soleil.

1. Significations des résultats

A la sortie de la station de traitement de l'eau (début du réseau), le CL résiduel doit être compris entre 0,8 et 1mg/L d'eau. Au niveau du robinet, ou dans toutes réserves d'eau destinée à la boisson, le taux de chlore résiduel doit être compris entre 0,1et 0,2 mg par litre d'eau.

- Si le contenu en chlore est plus de 0.6 : La couleur est rose foncé ; l'eau est hyper chlorée ; traitée excessivement. L'analyse bactériologique n'est pas nécessaire. Noter la valeur sur la feuille de relevé des tests. Après chaque utilisation bien nettoyer le tube et le bouchon.

- Si le chlore est moins de 0.6 : la couleur est rose claire à transparente ; le Contenu en chlore est faible. L'analyse bactériologique est obligatoire. L'absence de chlore résiduel signifie, soit qu'il s'agit d'une eau non désinfectée, soit qu'il ya trop forte pollution dans l'eau analysée, l'absence confirmée de chlore résiduel dans un point d'eau doit être accompagnée nécessairement d'un prélèvement pour un examen bactériologique. (Bouziani ,2000).

1. Dosage du chlore résiduel total (Libre et combiné)

La teneur en chlore total peut être obtenue, simplement en ajoutant uniquement un comprimé DPD N°4 dans la cuvette à réactif, et l'on effectue la lecture comme précédemment les comprimés N°2 et N°3 servent à mesurer la concentration des dérivés du chlore : les chloramines (respectivement les monochloramines et les trichloramines).

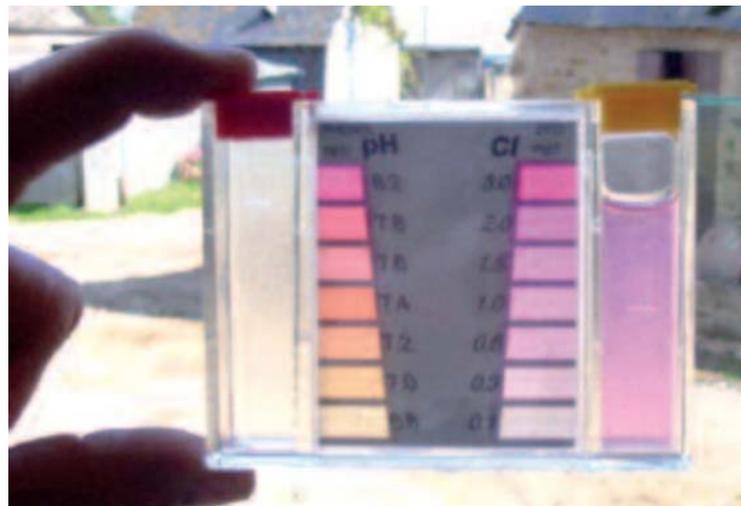
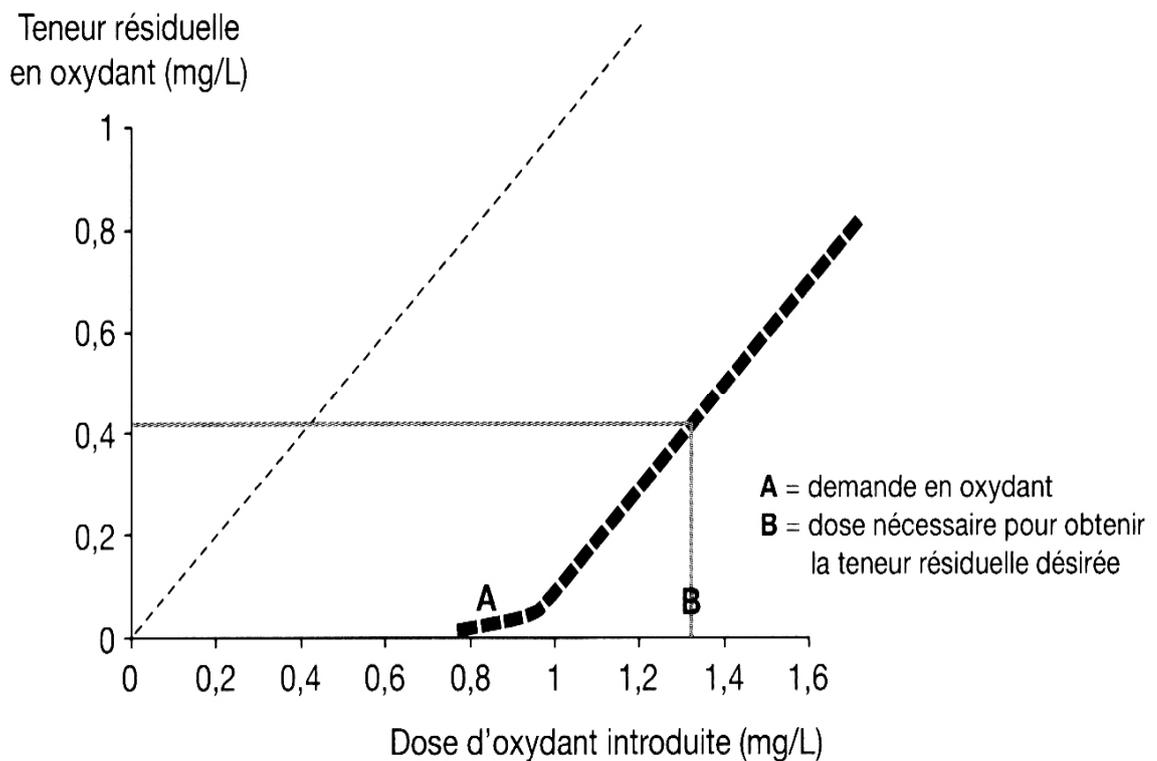


Figure 26 : Dosage du chlore libre.

Le tracé de la courbe représente la quantité de chlore résiduel libre en fonction du chlore introduit permet de déterminé. (Graphe 3).

- la demande en chlore de cette eau, qui correspond au taux de chloration à appliquer pour voir apparaitre une teneur résiduelle en chlore libre (point A)
- la dose en chlore à appliquer à cette eau pour satisfaire la demande en chlore et obtenir, après le temps de contact fixé, une teneur en chlore résiduel donné (point B). Il est important de mesurer la concentration en chlore résiduel libre, car il représente la forme du chlore la plus efficace en désinfection. (Rodier J et al, 2009).



Grappe 3 : Dose nécessaire pour obtenir la teneur résiduelle désirée.

2.3. MATERIEL ET METHODE POUR L'ELEVAGE

2.3.1. Recensement de l'élevage

Mon travail se limite au poulet de chair, laquelle est à la fois un modèle d'étude, il aborde à la fois un problème de santé publique et également économique connaissant une importance sociale et nutritionnelle visant une autosuffisance en viande blanche lancé par l'état algérien.

Aussi dans le cas d'une baisse de performances ,transitoire ou durable en cas de complications ,affectant d'une manière constante les résultats zootechniques du poulets de chair dans la mesure où la courte durée de leur exploitation ne permet pas de compenser le ralentissement où la baisse de la croissance , si non au détriment de l'indice de conversion alimentaire.

2.3.2. Localisation de l'élevage

Dans notre pays plusieurs captages familiaux dont les habitations isolées ainsi que leurs fermes font appel à des eaux de puits insuffisamment protégés et non traités (Djebel El Wahche, Oued el Athmania, El Mridj, El Haria, Salah Bey, El Hamma) . D'une façon générale, les normes d'hygiène les plus élémentaires ne sont que rarement respectées. (Boumedous, 2006).

La première idée reçue est de penser que l'eau de réseau est obligatoirement de bonne qualité. Cette étude a été effectuée dans un élevage de poulet de chair secteur privé situé à la périphérie de la wilaya de Constantine (El Hamma Bouziane). Elle a été menée sur deux lots de poulets de chair, souche COOBB 500.

Les animaux ont été répartis en 2 lots : On choisit dix poussins de qualité de part et d'autre.



Lot 1 : Composé de 10 poussins d'un jour dont la source d'abreuvement sera l'eau de puits non traitée.

Lot 2 : Composé de 10 poussins d'un jour dont la source d'abreuvement sera l'eau de réseau normalement traitée et contrôlée par le bureau d'hygiène communal.

A partir d'une eau de réseau nous avons rempli des bidons de 20 Litres.

Il s'agit de suivre de manière hebdomadaire de la mise en place des poussins jusqu'à 42 jours qui sont mis dans un même bâtiment séparé et sous un environnement commun et avec l'administration des mêmes aliments pour les deux lots, maintenir l'administration de l'aliment de démarrage à la même quantité et durée pour s'assurer un développement précoce adéquat. Avec une visite à **J0**, puis une visite par semaine, le poids est relevé à chaque visite.

J0, J7, J14, J21, J28, J35, J42.

IL semblerait que les troubles digestifs apparaissent principalement au cours de cette période. (Bideau, 2003). (Annexe 29).

Jour 1 : Une analyse bactériologique complète pour connaître la qualité de l'eau à l'entrée et à la sortie des canalisations au niveau du bâtiment d'élevage et au dernier abreuvoir.

J0, J7, J14, J21, J28, J35, J42. Une analyse bactériologique partielle au bout de la ligne.

Une analyse physico-chimique sur l'eau de puits, et l'eau de réseau. (Annexe 30).

Les critères recherchés à chaque analyse sont répertoriés dans les tableaux au dessous :

Tableau 11 : Les critères recherchés à chaque analyse Bactériologique

Bactériologique complète	Bactériologie partielle
Germes totaux	Germes totaux
Coliformes totaux	Coliformes thermo tolérants
Coliformes thermo tolérants	Anaérobies sulfito-réducteurs
Streptocoques	
Anaérobies sulfito-réducteurs	
salmonelles	

Tableau 12 : L'analyse physico-chimique.

Physico-chimique complète	Physico-chimique partielle (chaque 15 jours)
température	température
PH	PH
Dureté TH	taux de chlore (mg/l)
Nitrate	
Le fer	
taux de chlore (mg/l)	

Les analyses à jour 0 au niveau du bâtiment et au dernier abreuvoir, permettent de connaître l'état de propreté des canalisations car connaître la teneur en micro-organismes revivifiable détermine l'état et l'épaisseur du biofilm, qui sert de support pour des agents pathogènes. Les autres bactéries recherchées sont pathogènes et sont le signe d'une contamination de l'eau. Les analyses à J₀, J₇, J₁₄, J₂₁, J₂₈, J₃₅, J₄₂. Jusqu'au dernier abreuvoir permettent d'évaluer la qualité de l'eau en cours du lot : le biofilm et la présence de bactéries pathogènes. L'analyse physico-chimique sera utilisée pour établir le diagnostic eau, aussi établir l'efficacité du traitement de l'eau et cela en fonction de la qualité physico-chimique de l'eau. Des mesures de chlore libre (Test en DPD), du pH, sont réalisées à chaque visite jusque au dernier abreuvoir dans l'élevage ceci permet de vérifier si les produits de traitement ajouté au niveau du bâtiment se retrouvent en bout de ligne (d'après Travel, 2007), la température de l'eau est mesurée à chaque visite à l'aide d'un thermomètre au niveau des abreuvoirs.

2.3.3. Croissance pondérale : Augmentation journalière du poids vif.

Afin de vérifier les performances des volailles en cours de croissance, il est souhaitable de réaliser une pesée individuelle du nombre d'animaux (10 sujets), toutes les semaines en veillant à manipuler les sujets dans le calme. (Traore, 2010).

Les oiseaux peuvent être pesés en utilisant des balances manuelles. L'existence de changement inattendus dans le poids vif peut être signal d'erreur dans la balance ou mal fonctionnement de la même. Il est nécessaire de vérifier régulièrement la précision des balances. (Annexe 31,32).

2.3.4. Conduite d'élevage avicole

POULET DE CHAIR

Deux périodes sont généralement prises en considération :

- Le démarrage de **0 à 21** jours.
- La croissance - finition de **22 à 42** jours et plus.

A. Démarrage : de 0 au 14^{ème} jour

Les installations doivent être minutieusement nettoyées et désinfectées ; et doivent être mis en place la veille après un vide sanitaire de 15 jours. Points de contrôle pour maîtriser la consommation d'eau (Annexe, 30).

1. Hygiène - Le poussin (Annexe, 33).

Démarrage : La phase la plus critique ; lors de la mise en place des poussins dans un poulailler on veillera tout particulièrement : 36 heures avant l'arrivée des oiseaux.

- la litière est disposée uniformément dans le bâtiment sur un sol bétonné de préférence ; elle est constituée de 10 mm de copeaux de bois blanc non traitée, les copeaux bruns sont toxiques et ne reflètent pas suffisamment la lumière, ou de 15cm de paille hachée, il est important que la litière soit isolante et très absorbante, non crouteuse en surface, et très souple.

J'ai délimité un espace réduit à l'intérieur du local d'élevage au moyen d'un contre-plaqué de 50 à 60 cm de haut ; ou carton pour éviter aux poussins de s'éloigner hors de la zone chauffée par le radiant et des sources d'alimentation et d'abreuvement. Que je peux déplacer au fur et à mesure que les poussins grandissent.

- les sources de chaleurs sont généralement disposées au centre de l'espace, la température d'ambiance doit être de 25 à 28°C ; on chauffera le local si nécessaire pour atteindre cette température le jour de l'arrivée des poussins.

- A l'arrivés des oiseaux, déposer délicatement les poussins sur la litière afin d'éviter les lésions articulaires et estimé le poids moyen des oiseaux.

Le matériel (mangeoires et abreuvoirs) sera disposé à la périphérie sous le radiant, dans la zone située à la température de 32-35°C, il est important de faire boire les animaux dès leur arrivés, améliorer l'abreuvement, surtout des poussins déshydratés, en mélangeant 20 gr de sucre et 1gr de vitamine C par litre d'eau ; l'eau des abreuvoirs doit être tiède (16 à 20°C) et le nettoyage journalier de ces derniers est absolument impératif, ainsi l'élimination, hors du poulailler, de l'aliment non consommé.

- La répartition des poussins en couronne sous le radiant indique une température adéquate au sol.

- Un éclairage continu (24 heures sur 24) et une intensité assez forte (3w /m²) durant les 3 à 4 premiers jours permettant une activité continu des poussins et une bonne alimentation.

- Distribuer les aliments en petite quantité dans les assiettes de démarrage ; les miettes peuvent être disposées, durant les 2 à 3 premiers jours sur du papier argenté après 3 à 4h après la mise en place des poussins ;

- Servir à chaque fois peu d'aliment mais renouveler l'opération à plusieurs reprises au cours de la journée ;

- Contrôler bien que les poussins s'alimentent normalement en tâtant le jabot qui doit être bien plein ;
- A cette phase l'aliment doit être broyé sous forme de miette (farine fine), être d'un niveau énergétique élevé 2900 et 3000 kcal/kg d'aliment et contenir des protéines à un taux de 22%.
- Après cette phase de démarrage particulièrement délicate, les gardes seront progressivement déplacés dès la deuxième semaine pour élargir le rayon d'action des poussins en sachant que ces derniers doivent vivre, dans une atmosphère à une température de 30°C, à partir de la troisième semaine, les gardes peuvent être supprimés, durant la quatrième semaine, les radiants peuvent être arrêtés à leur tour, si la température d'ambiance se situe entre 25 et 28°C. On veillera tout particulièrement à éviter les variations nyctémérales de sorte que celles-ci n'excèdent pas 2 à 3 °C. Un thermomètre mini-maxi à même le sol, près des gardes, donnera journallement des indications très utiles à l'éleveur. Malgré la distribution de l'aliment, de l'eau 5,6 visites journalières sont indispensables au moins pendant la période de démarrage. (Fontaine, 1992). Le contact avec les animaux et les petits soins est très nécessaire (lavage des abreuvoirs, suppression de la litière crouteuse, rajout de litière sèche, enlèvement des animaux morts ou chétifs, vérification des températures au sol, réglage des trappes d'entrée et de sortie d'air...) (Fontaine, 1992).

Alimentation du poulet de chair

La plupart des poulets de chair sont abattus à 7 ou 8 semaines à un poids variant entre 1,8 et 2,2 kg. L'indice de consommation à ces âges est de 2 à 2,1.

Les formules poulet de chair » se composent de céréales, sous produits de céréales, tourteaux, condiment minéral vitaminées, additifs divers, acides aminés de synthèse. (Fontaine ,1992).

Additifs

De nombreux additifs sont habituellement utilisés dans les formules (poulet de chair).

Additifs de croissances :

- Sur le plan sanitaire

Appliquer rigoureusement le programme de prophylaxie recommandé par le vétérinaire (administration des produits antibiotiques, antiparasitaire, anticoccidien et vaccin).

Informez le vétérinaire dès que les poussins se portent mal ; pendant les 10 à 15 premiers jours, le taux de mortalité journalier ne doit pas dépasser 0, 5% si non demander les explications au fournisseur de poussins et faire appel au vétérinaire.

- Programme de prophylaxie entre le 1^{er} et le 21^{ème} jour

Jours 1 : Vacciner contre la maladie de Newcastle et la bronchite infectieuse et donner un antistress après vaccination.

Jours 2 et 3 : Donner un antistress. Exemple de produits utilisés : colistine + vitamine administration dans l'eau de boisson.

Jours 4, 5 et 6 : Administrer un antibiotique dans le cas des infections surtout digestif, associé à hépato-protecteur.

Jours 7 : Vacciner contre la maladie de Gumboro et donner un antistress après vaccination.

Jours 8,9 et 10 : Donner un complément minéraux+vitamine+acides aminés+oligo éléments, pour prévenir les carences.

Jours 11,12 et 13 : Administrer un antibiotique dans le cas des infections surtout digestives et respiratoires, associé à un diurétique hépato-protecteur.

Jours 14 : faire le rappel vaccinal contre la maladie de Newcastle et la bronchite infectieuse et donner un antistress après vaccination.

Jours 18,19 et 20 : Donner un produit anticoccidien pour prévenir la coccidiose.

Jours 21 : Faire le rappel vaccinal contre la maladie de Gumboro.

La vaccination se fait par une eau de boisson et les précautions à prendre sont :

- Les poussins doivent être âgés d'au moins 5 jours car avant cet âge la quantité d'eau bue Par jour varie fort de sujet à sujet.
- Les abreuvoirs doivent être propres et exempts de toute trace de détergent ou de désinfectant ;
- Les abreuvoirs ne doivent pas être exposés à une source de chaleur ;
- Chaque oiseau doit boire la quantité requise de vaccin et cela dans les deux heures qui suivent sa distribution, car le vaccin perd rapidement son efficacité dans l'eau.

Il faut donc veiller à ce que le nombre d'abreuvoir soit suffisant et que les oiseaux aient soif.

Pour cette condition il faut assoiffer les oiseaux au moins deux heures avant la vaccination.

- La dilution du vaccin se fait dans l'eau pure et claire et ne contenant pas de chlore, ni de fer.
- La quantité d'eau ajoutée est calculée par la formule suivante exprimée en litre :
Quantité d'eau = (nombre d'oiseaux X âge des poules en jours) / 1000.

2. LOT1 : dont la source d'eau est celle du puits non traitée (Lot témoin) :



(Jour 1) : Photo source personnelle
Démarrage des 2 lots poussins chair le 16 Avril 2016



Évolution poussins le 23 Avril 2016
(Jour 7) : Photo source personnelle
A 7 Jours d'âge : le poulet pèse en moyenne **109 gr.**

Alimentation :

Un aliment spécial de démarrage énergétique et riche en protéines sera préparé et distribué.

Consommation :

A 7 Jours d'âges : 30 gr d'aliment et 40 ml d'eau par poussin et par jour.

A 14 jours d'âges : 70gr d'aliment et 104 ml d'eau par sujet et par jour.

A 21 jours d'âges : 100 gr d'aliment et 120 ml d'eau par sujet et par jour.



(Jour14) : Photo source personnelle

Situation le 29 Avril 2016

A 14 jours d'âge : le poulet pèse en moyenne entre 211,55gr

Croissance - Finition : du 23 au 45^{ème} jour au plus.

Distribution d'eau et d'alimentation : les abreuvoirs et les mangeoires du 2^{ème} âge sont placés entre le 22^{ème} et le 25^{ème} jour de la période d'élevage.



(Jour 21) : Photo source personnelle

Situation le 7 Mai 2016 : Poids moyen 408,5 gr

Consommation :

A 14 jours d'âges : 70gr d'aliment et 104 ml d'eau par sujet et par jour.

A 21 jours d'âges : 100 gr d'aliment et 120 ml d'eau par sujet et par jour.



(Jour 28) : Photo source personnelle
Situation le 15 Mai 2016 : Poids moyen ; **709 gr.**

Consommation :

A 28 jours d'âge : 145gr d'aliment et 200 ml d'eau par sujet et par jour.

A 35 jours d'âge : 180gr d'aliment et 300 ml d'eau par sujet et par jour.



(Jour 35) : Photo source personnelle
Situation le 21 Mai 2016 : à **35 jours d'âge** ; Poids moyen ; **1008,5gr**

Alimentation :

L'alimentation de démarrage est remplacée par L'alimentation de croissance qui est moins riche.
Situation le 27 Mai, 42 jours d'âge ; Poids moyen ; **1299, 75gr** (Annexe16).

Consommation : 200 gr d'aliment et 340 ml d'eau par poulet et par jour.



(Jour 42) : Photo source personnelle
Poulets finis le 27 Mai 2016 à 42 jours d'âges



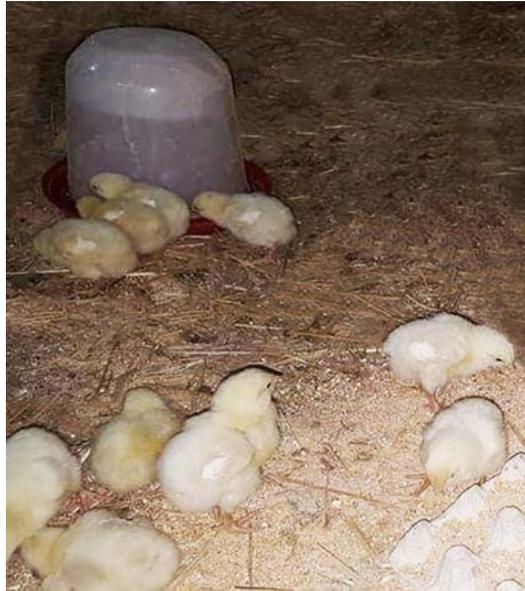
(Jour 42) : Photo source personnelle
A 42 jours d'âge : le poulet à gauche pèse en moyenne 1412.44gr
A 42 jours d'âge : le poulet à droite pèse en moyenne 1299.75gr



(Jour 42) : Photo source personnelle
A 42 jours d'âges : le poulet à droite pèse en moyenne 1299.75gr

Taux de mortalité : 2% au démarrage. Un taux acceptable.

3. LOT 2: dont la source d'eau est l'eau de réseau (sujets expérimentaux).



(Jour 1) : Photo source personnelle
Démarrage des 2 lots poussins chair le 16 Avril 2016



(Jour 7) : Photo source personnelle
Situation du le 23 avril 2016
A 7 Jours d'âges : le poulet pèse en moyenne **155.55gr.**

Alimentation :

Un aliment spécial de démarrage énergétique et riche en protéines sera préparé et distribué.

Consommation :

A 7 jours d'âges : 35 gr d'aliment et 54 ml d'eau par poussin et par jour.

A 14 jours d'âges : 75gr d'aliment et 108 ml d'eau par sujet et par jour

A 21 jours d'âges : 104 gr d'aliment et 184 ml d'eau par sujet et par jour



Photo source personnelle
A 14 jours d'âges le poulet pèse en moyenne **405,11gr.**

Croissance - Finition : du 22 au 45^{ème} jour au plus.

Distribution d'eau et d'alimentation : les abreuvoirs et les mangeoires du 2^{ème} âge sont placés entre le 22^{ème} et le 25^{ème} jour de la période d'élevage.



Photo source personnelle
A 21 jours d'âges : le poulet pèse en moyenne **605.22 gr**

Croissance - Finition : du 22 au 45^{ème} jour au plus.

Distribution d'eau et d'alimentation : les abreuvoirs et les mangeoires du 2^{ème} âge sont placés entre le 22^{ème} et le 25^{ème} jour de la période d'élevage.



(Jour 28) : Photo source personnelle
Situation le 15 Mai 2016, Poids moyen ; **811.111gr**

Consommation :

A 28 jours d'âges : 151gr d'aliment et 272 ml d'eau par sujet et par jour.

A 35 jours d'âges : 200gr d'aliment et 360 ml d'eau par sujet et par jour.



(Jour 35) : Photo source personnelle
Situation le 21 Mai 2016, à 35 jours d'âges : Poids moyen ; **1112,44 gr**

Alimentation :

L'alimentation de démarrage est remplacée par l'alimentation de croissance qui est moins riche.



(Jour 42) : Photo source personnelle
Situation le 27 Mai 2016, à 42 jours d'âges : Poids moyen ; **1412, 44 gr** (Annexe16).

Consommation : 220 gr d'aliment et 380 ml d'eau par poulet et par jour.
Poulets finis le 30 Mai à 45 jours d'âges.



(Jour 35) : Photo source personnelle

A 35 jours d'âges : le poulet à gauche pèse en moyenne ; **1008.5gr (1^{er} lot)**
A 35 jours d'âges : le poulet à droite pèse en moyenne ; **1112.44gr (2^{eme} lot)**



(Jour 42) : Photo source personnelle

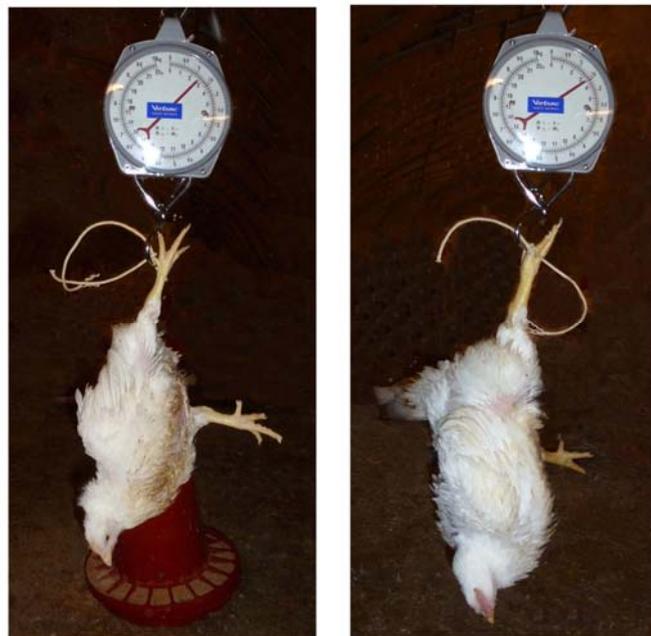
A 42 jours d'âges : le poulet pèse en moyenne ; **1412.44gr**

Taux de mortalité pour le deuxième lot : un taux acceptable se situe entre 2 et 4% et se répartit entre les deux phases d'élevages de la manière suivante : 1% au démarrage et 1% en croissance.



(Jour 42) : Photo source personnelle
Peson dynamométrique de poulets de chair.
A 42 jours d'âges : le poulet à gauche pèse en moyenne ; **1299.75gr**
A 42 jours d'âges : le poulet à droite pèse en moyenne ; **1412.44gr**

Peson dynamométrique de poulets de chair.



(Jour 42) : Photo source personnelle

Un retard dans la croissance est observé pour le sujet témoin à gauche avec un gain de poids moyen est observé pour le sujet expérimental à droite durant l'élevage.

Résultats
et
Analyses

3- RESULTATS ET ANALYSES

Les résultats s'articulent autour de :

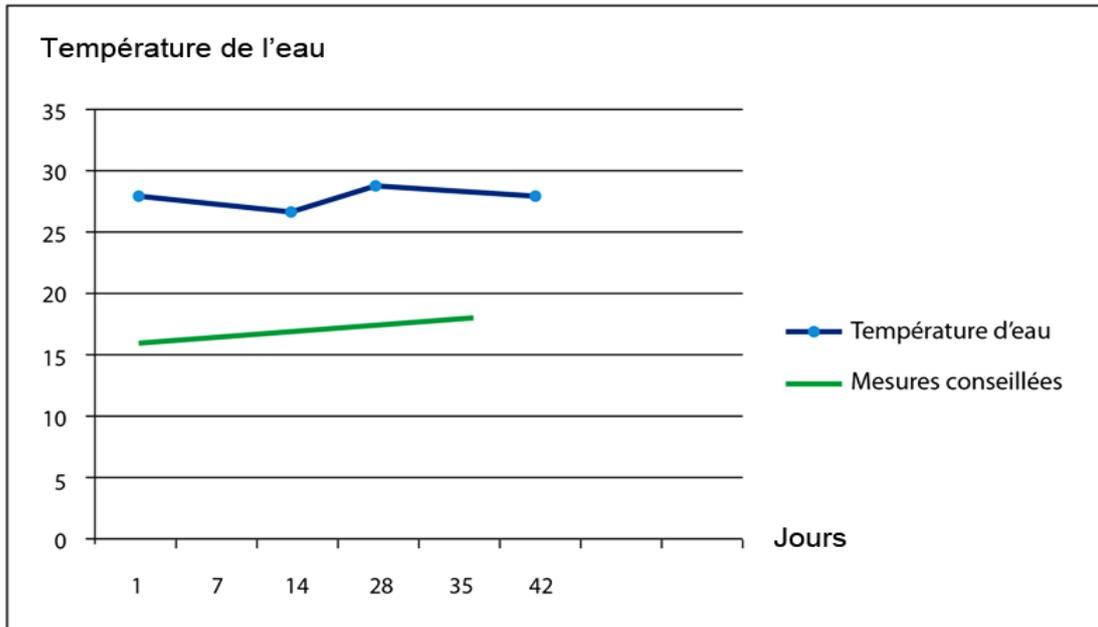
- Analyse physico-chimique.
- Analyse bactériologique.
- Traitement de l'eau.
- Performance Zootechnique (poids=santé) pour les deux lots.

3. 1. 1^{er} Lot :

3.1.1. Analyse physico-chimique

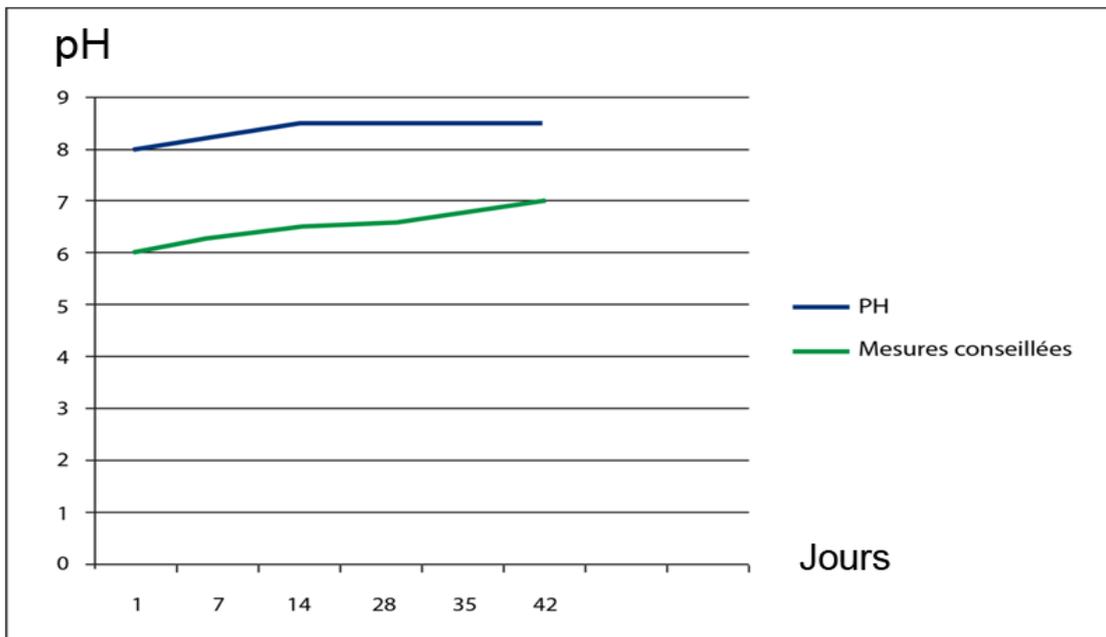
Tableau 13 : Le tableau suivant renseigne sur les résultats de l'analyse physico-chimique de l'eau de boisson de puits.

EXPE	Analyse physico-chimique complète			Analyse physico-chimique partielle			Eau satisfaisante en élevage
	Eau de puits	Eau au niveau du circuit	Eau de l'abreuvoir	Eau de l'abreuvoir	Eau de l'abreuvoir	Eau de l'abreuvoir	
prélèvements au cours des jours	Au 0 jour	Au 1 ^{er} jour	Au 7 ^{eme} jour	Au 14 ^{eme} jour	Au 28 ^{eme} jour	Au 42 ^{eme} jour	
PH	7,7	8	8	8,5	8,5	8,5	6.5<PH<7.5
Température	19°C	24°C	27°C	26°C	28°C	27°C	16°C
TH	72,5						10 à 15° F
Teneur en nitrate (mg/l)	80						50 mg/l+ tolérance jusque 80mg/l (si l'eau bactériologiquement correcte)
Teneur en Fer (mg/l)	1						< 0.2



Graphique 4 : Evolution de la température de l'eau de J0 à 42 jours d'âges des animaux.

Ages des poulets



Graphique 5 : Evolution du pH de l'eau de J0 à 42 jours d'âges des animaux.

Ages des poulets

Il apparait avec ce tableau que l'eau de puits a une teneur en nitrate et en fer supérieur aux normes recommandées par l'OMS, aussi la dureté est supérieure à 15°F, évolution de la température de l'eau de J0 à 42 jours d'âge des animaux est assez élevée par rapport aux valeurs recommandées par le CIDEF (16°C-18°C), aussi évolution du pH de l'eau de J0 à 42 jours d'âge des animaux est relativement élevé (pH supérieur à 8) par rapport aux recommandation (au alentour de 6,6-6.9) , ce qui peut constitué un terrain favorable au développement de bactéries pathogènes ou indésirables. Cela nous permet de voir que c'est relativement élevé aux normes.

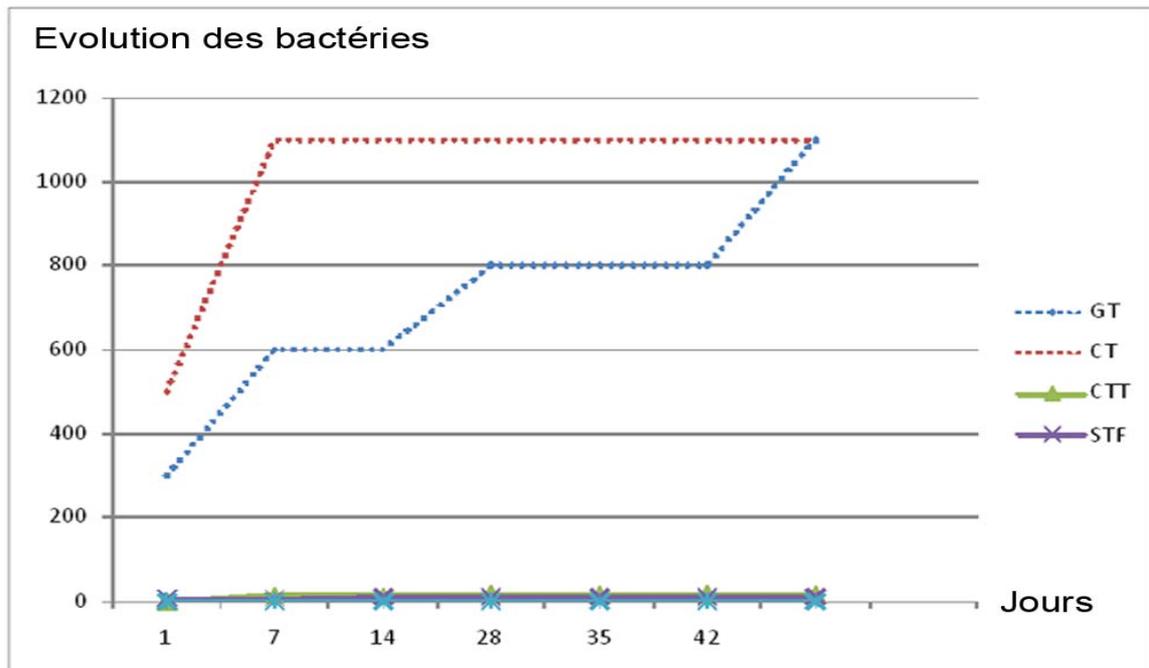
3. 1.2. Analyse bactériologique

En ce qui concerne l'analyse bactériologique, le tableau en dessous renseigne sur ces résultats.

Tableau 14 : Analyses bactériologiques de l'eau prélevée (résultats d'un essai terrain).

TEM	Analyse bactériologique complète			Analyse bactériologique partielle			Normes bactériologiques préconisées en élevage
	Eau de puits	Eau au niveau du circuit	Eau de l'abreuvoir	Eau de l'abreuvoir	Eau de l'abreuvoir	Eau de l'abreuvoir	
prélèvements au cours des jours	Au 0 jour	Au 1 ^{er} jour	Au 7 ^{eme} jour	Au 14 ^{eme} jour	Au 28 ^{eme} jour	Au 42 ^{eme} jour	
Flore totale	300	600	600	800	800	800	< 100 (dans 100ml)
Coliformes totaux	500	1100	1100	1100	1100	1100	< 5 (dans 100ml)
Coliformes TT	0	13	13	16	16	16	< 5 (dans 100ml)
Streptocoques fécaux	6	6	<10	<10	<10	<10	< 5 (dans 100ml)
Bactéries sulfite-réducteur	Absence	Absence	Absence	Absence	Absence	Absence	< 2(dans 20ml)
Salmonelles	Absence	Absence	Absence	Absence	Absence	Absence	0 (dans 5ml)
Traitement de l'eau	Aucun traitement	Aucun traitement	Aucun traitement	Aucun traitement	Aucun traitement	Aucun traitement	

Tem : Lot témoin (les poussins alimentés par l'eau non traitée).



Graphique 6 : Quantité des bactéries revivifiablés à 22°C et 36°C, Coliformes TT.

Les streptocoques fécaux et les bactéries sulfito-réducteur, au bâtiment et en bout de ligne à J0, J7, J14, J28, J35, J42.

GT : Flore totale (germes aérobies à 22°C), **CT :** coliformes totaux à 36°C ; **CTT :** coliformes thermo tolérants (E, coli). **STF :** streptocoques fécaux ; **CSR :** clostridium sulfitoréducteur.

Du point de vue qualitatif, la qualité sanitaire de cette eau est médiocre puisqu'elle ne répond pas aux normes recommandées par l'OMS, les bactéries revivifiables sont présentes tout au long de l'étude. Aussi l'eau de puits n'était pas protégée et aucun traitement antibactérien n'est instauré pour améliorer sa qualité.

3.1.3. Performances zootechniques du 1^{er} lot :

Des pesées sont effectuées au cours de l'étude, afin de suivre les performances des animaux. Le poids J0 est correct.

Au jour, 14 on a apparition des fientes humides.

Au jour, 28 une augmentation d'épisodes de fientes humides, l'état de la litière se détériore, cette dégradation est certainement due à la contamination des animaux par les coliformes, à la dernière pesée, il y a une baisse de performance, diminution du poids ceci pouvant s'expliquer par les problèmes sanitaires (la colibacillose) subit par les animaux.

Au jour 35 et jour 42 les animaux atteints prennent du retard au niveau de leur croissance.
(Le lot est de moins en moins homogène) un écart se creuse (202g).

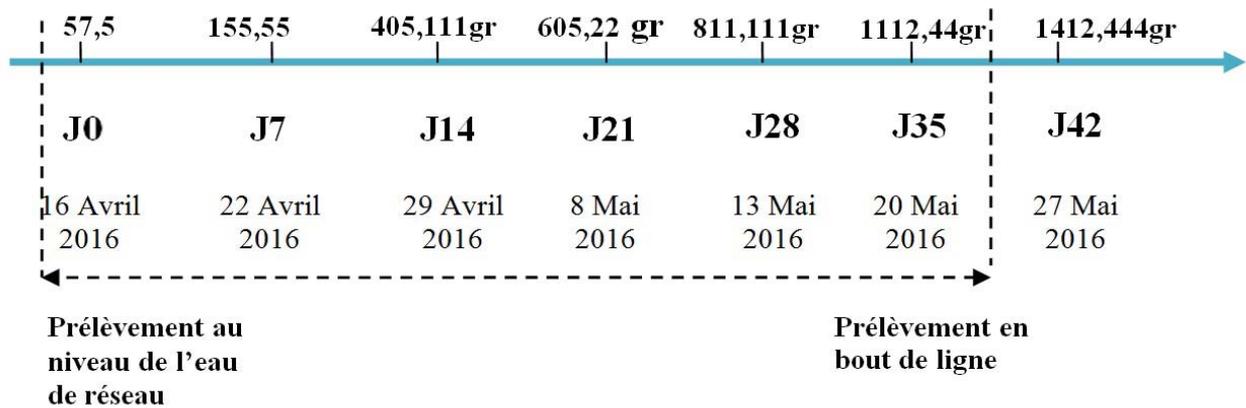
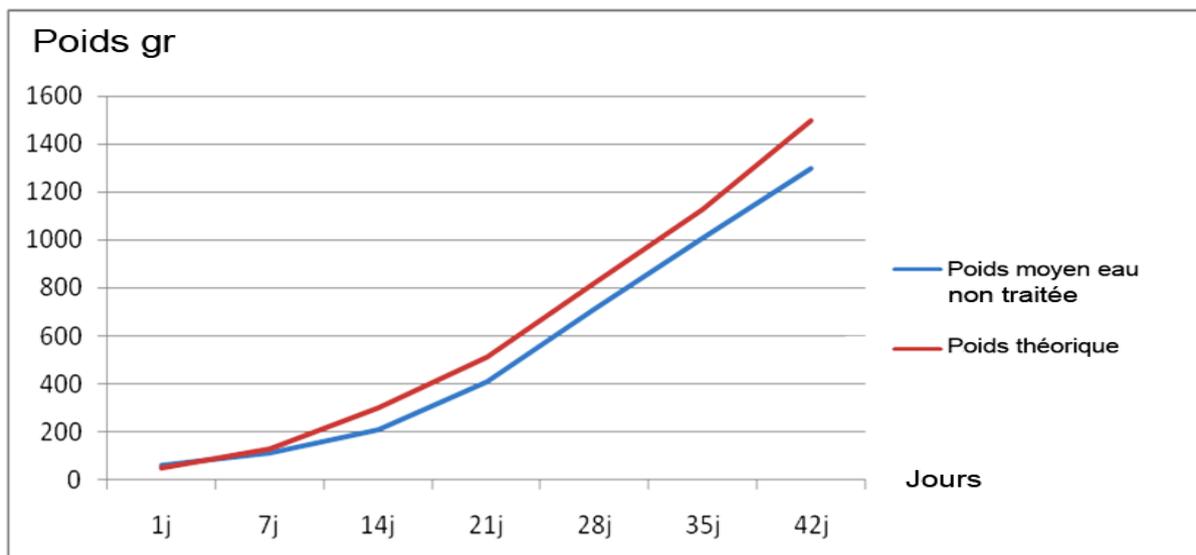


Figure 27 : Déroulement de l'étude du 1^{ère} lot.

J0 : jour de la mise en place des animaux.



Graphique 7: Poids des poulets à J0, J7, J14, J21, J28, J35, J42. Du 1^{er} lot.

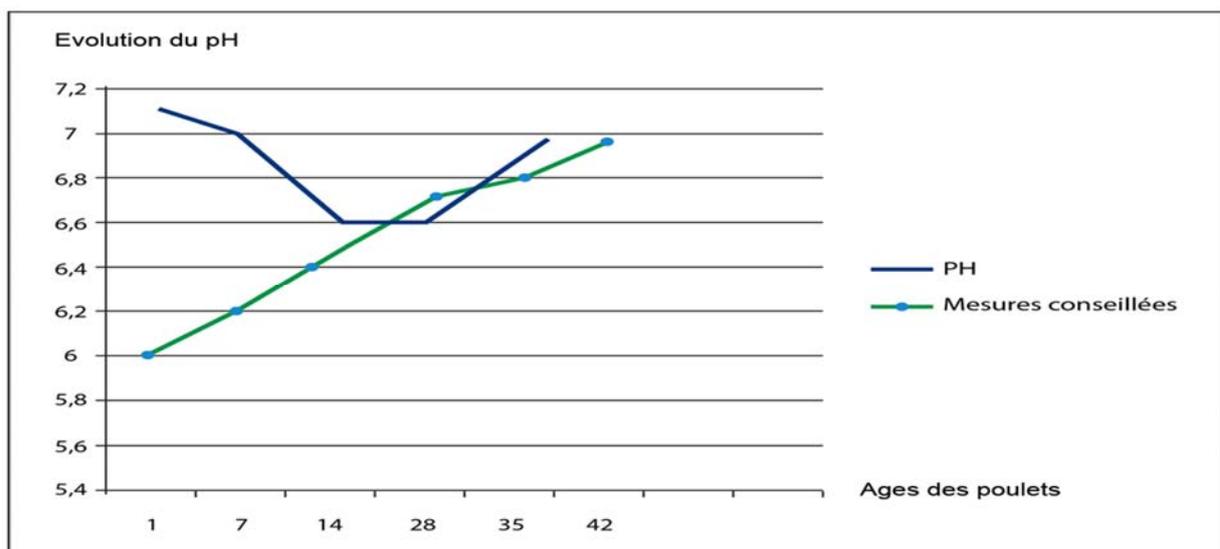
3.2. 2^{ème} lot :

3.2.1. Analyse physico-chimique de la source d'abreuvement des animaux

Les poussins sont approvisionnés avec de l'eau provenant du réseau public, d'où l'assurance d'une eau, de qualité normalement correcte.

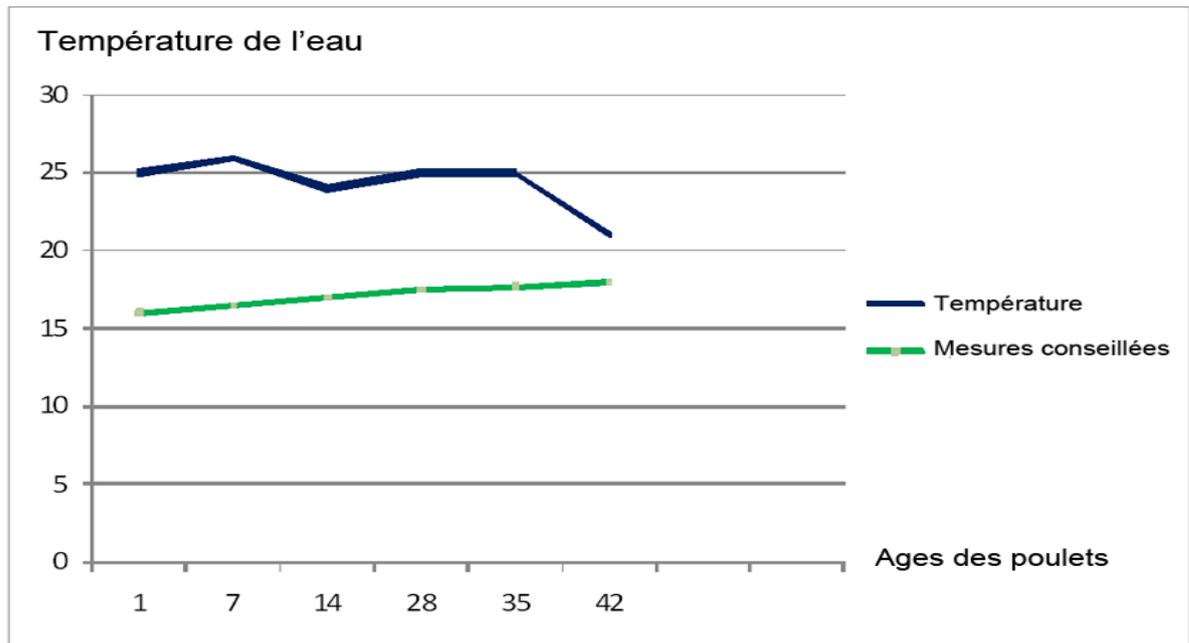
Tableau 15 : Analyse physico-chimique de la source d'abreuvement des animaux.

	Analyse physico-chimique complète			Analyse physico-chimique partielle			Eau satisfaisante en élevage
	Eau de réseau	Eau au niveau du circuit	Eau de l'abreuvoir	Eau de l'abreuvoir	Eau de l'abreuvoir	Eau de l'abreuvoir	
prélèvements au cours des jours	Au 0 jour	Au 1 ^{er} jour	Au 7 ^{ème} jour	Au 14 ^{ème} jour	Au 28 ^{ème} jour	Au 42 ^{ème} jour	
PH	7.1	6.4	6,4	6,6	6,6	6,9	6.5<PH<7.5
Température	25	26	24	25	25	21	16°C
TH	42						10 à 15° F
Teneur en nitrate (mg/l)	50						50 mg/l+ tolérance jusque 80mg/l (si l'eau bactériologiquement correcte)
Teneur en Fer (mg/l)	0						< 0.2



Graphique 8 : Evolution du pH de l'eau de J0 à 42 jours d'âges des animaux.

Ages des poulets



Graphique 9 : Evolution de la température de l'eau de J0 à 42 jours d'âges des animaux.

Ages des poulets

Donc l'analyse physico-chimique de l'eau de réseau révèle qu'il s'agit d'une eau dure et dont le pH est basique, correction du pH par ajout d'acide sulfurique (quelques gouttes) permet d'abaisser le pH et améliorer l'efficacité du chlore. Le circuit de distribution de l'eau est bien conçu dans le bâtiment et facile à nettoyer. Un traitement continu est réalisé sur l'eau par hypochlorite de sodium (Na Cl). Nettoyage, désinfection des canalisations et abreuvoir qui peuvent être le refuge de nombreux éléments organiques et minéraux qui s'accumulent au cours du lot d'élevage.

3.2.2. Analyse bactériologique de la source d'abreuvement des animaux

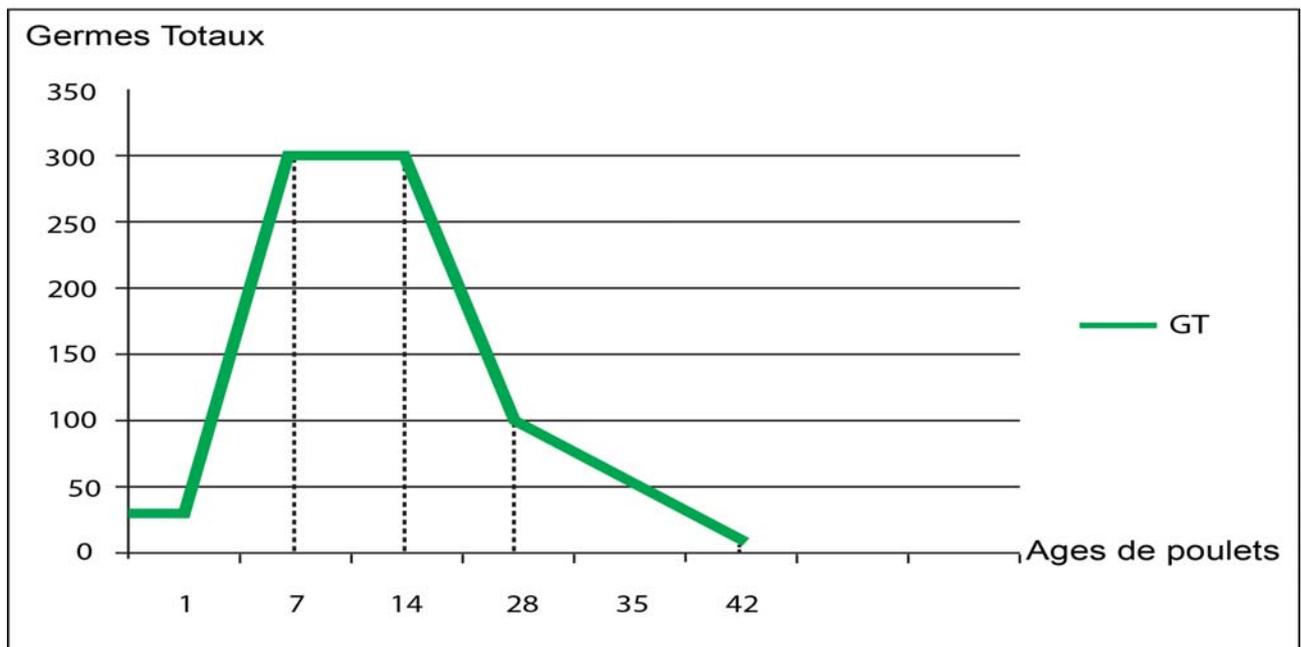
Analyse bactériologique à jour 0 au bout de ligne (vers la fin de l'abreuvoir, afin d'apprécier l'efficacité du traitement et afin de mesurer l'évolution de la qualité bactériologique de l'eau). Pour cela on doit avoir le chlore résiduel libre mesuré en bout de ligne et qui correspond au chlore non neutralisé et restant après la désinfection, et c'est le chlore libre qui agit sur les bactéries et le biofilm en bout de ligne donc la dose à retrouver au bout de ligne est entre 0,3 à 0,6 mg / l chlore 2 actif.

Tableau 16 : Analyses bactériologiques de l'eau prélevée (résultats d'un essai terrain).

Expe : Lot expérimental (eau traitée par l'hypochlorite de sodium).

EXPE	Analyse bactériologique complète			Analyse bactériologique partielle			Normes bactériologiques Préconisées en élevage
	Eau de réseaux	Eau au niveau du circuit	Eau de l'abreuvoir	Eau de l'abreuvoir	Eau de l'abreuvoir	Eau de l'abreuvoir	
prélèvements au cours des jours	Au 0 jour	Au 1 ^{er} jour	Au 7 ^{eme} jour	Au 14 ^{eme} jour	Au 28 ^{eme} jour	Au 42 ^{eme} jour	
Flore totale	30	300	300	300	100	<3	< 100 (dans 100 ml)
Coliformes totaux	Absente	Absente	Absente	Absente	Absente	Absente	< 5 (dans 100 ml)
Coliformes TT	Absente	Absente	Absente	Absente	Absente	Absente	< 5 (dans 100 ml)
Streptocoques fécaux	Absente	Absente	Absente	Absente	Absente	Absente	< 5 (dans 100 ml)
Bactéries sulfito-réducteur	Absente	Absente	Absente	Absente	Absente	Absente	< 2 (dans 20 ml)
Salmonelles	Absente	Absente	Absente	Absente	Absente	Absente	0 (dans 5 ml)
Taux de chlore mg/l	0	0,6	0,4	0,3	0,3	0,3	

Rechloration de 1,5 mg/l



Graphique 10 : Evolution des germes totaux dans l'eau de J0 à 42 jours d'âges des animaux.

Ages des poulets

On constate la présence des germes aérobies dans l'eau de réseau qui correspond au développement bactérien en suspension dans les canalisations avec la matière organique, cette flore totale diminue à partir du 28^{ème} jour, cette diminution n'est visible qu'à partir du 42^{ème} jour à cause du chlore injecté et contrôlé au fur et à mesure.

Le taux de chlore est inexistant au jour 1 au niveau du circuit ceci peut être expliqué par un manque de chlore, ou encore à une neutralisation du chlore (par les teneur élevé en nitrate) ou la présence d'un biofilm lors de son passage dans les canalisations. Les analyses bactériologiques réalisées au niveau du dernier abreuvoir après l'ajout du chlore valident l'efficacité de ce traitement, ce contrôle révèle une diminution des dénombrements de la flore totale au bout de ligne à J35.

La chloration permanent, a permit de réduire le développement du biofilm (flore totale) en bout de ligne à J28, J35, J42.

Le matériel préférentiellement utilisé dans l'élevage pour injecter le chlore est la pompe doseuse à impulsion mais dans notre étude montre que la présence d'une cuve tampon et le respect du temps de contact 20 minute entre l'eau du réseau et hypochlorite de sodium avant la consommation par les animaux induit la disparition des germes qui étaient dans l'eau. (Itavi, 2006).

3.2.3. Les performances zootechniques du 2ème lot.

Les poussins ont un poids correct à J0.

Au jour 21, les animaux du lot suivi sont légèrement plus lourds (600) que le poids conseillé.

Au jour 42, à la dernière pesée un léger écart se creuse (87,56gr) ceci pouvant s'expliquer par la réduction de la consommation d'aliments à J35 et à J45.

Ce pendant les résultats obtenus au cours de ce lot sont correct et encourageant.

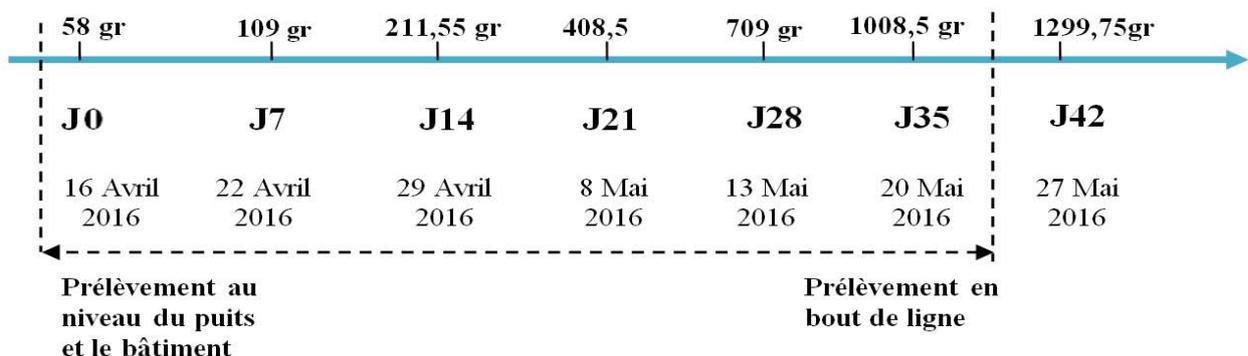
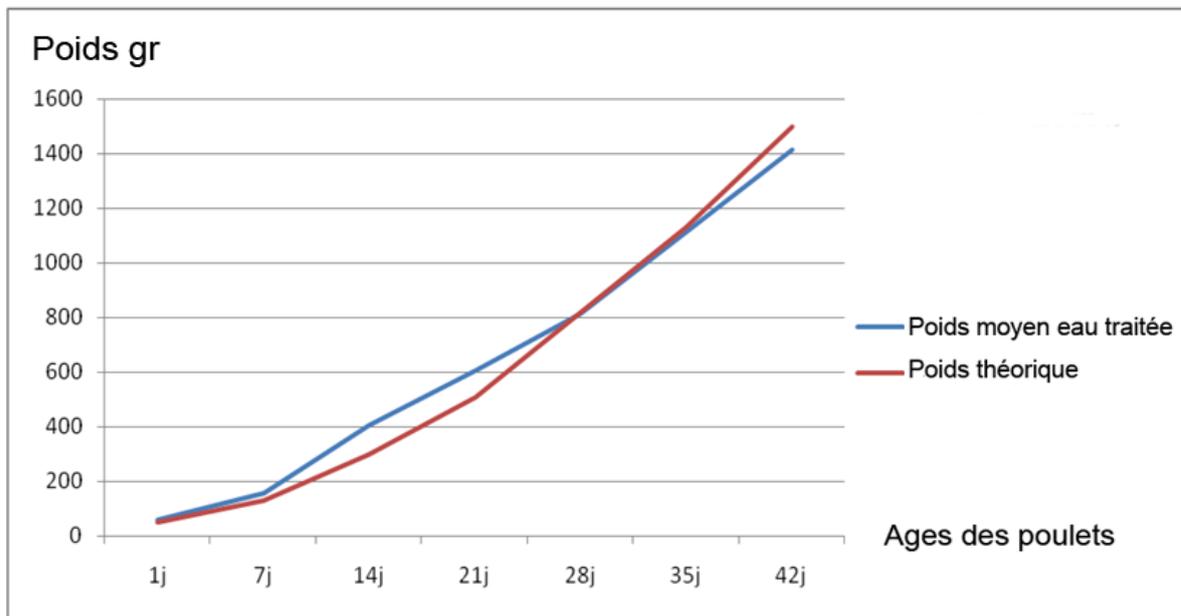


Figure 28 : Déroulement de l'étude.

J0 : jour de la mise en place des animaux.



Graphique 11 : Poids des poulets à J0, J7, J14, J21, J28, J35, J42. Du 2^{ème} lot

3.3. Analyses statistiques

En comparant le poids des deux lots du poulet dont la source d'abreuvement est différente, eau de boisson traitée et eau de boisson non traitée, on a constaté un écart dans le poids significatif entre les deux lots avec un gain de poids pour le lot dont la source d'abreuvement est traitée.

Les analyses statistiques croisent avec nos résultats d'analyses bactériologiques physico-chimiques et l'efficacité du traitement de l'eau avec la diminution de la charge bactérienne (coliformes totaux), disparation des bactéries pathogènes d'où la disparation du biofilm avec la croissance pondérale de nos animaux ce qui laisse suggérer que l'effet de l'eau traitée est un facteur de réussite réel.

Les résultats sont exprimés en pourcentage, nos résultats étant issus du terrain sont décrits dans les tableaux (18,19).

Tableau 17 : Croissance pondérale des poulets à J0, J7, J14, J21, J28, J35, J42. Pour les deux lots.

Ages en jours	Poids moyen eau traitée	Poids moyen eau non traité
J0	57,5	58
J7	155,55	109
J14	405,111	211,55
J21	605,22	408,5
J28	811,111	709
J35	1112,44	1008,5
J42	1412,444	1299,75

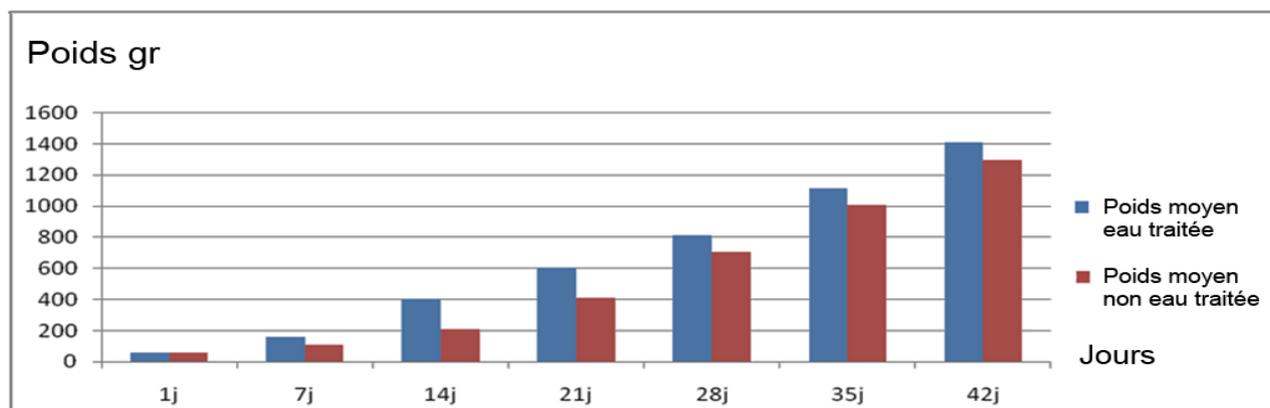
Tableau 18 : Analyses statistiques du lot essai avec l'eau traitée.

Lot essai avec l'eau traitée	Poids J0	Poids J7	Poids J14	Poids J21	Poids J28	Poids J35	Poids J42
Poids moyen	57.5	155,55	405,111	605,22	811,111	1112,44	1412,444
$V(x)$	6,944	27,777	28,861	22,694	111,111	94,027	94,777
$\sigma(x)$	2,635	5,270	5,372	4,764	10,540	9,696	9,735
C.V	4,582	3,387	1,326	0,787	1,299	0,871	0,689

$V(x)$ = Variance, $\sigma(x)$ = Ecart-type, C. V = Coefficient de variation

Tableau 19 : Analyses statistiques du lot témoin avec l'eau non traitée.

Lot témoin avec l'eau non traitée	Poids J0	Poids J7	Poids J14	Poids J21	Poids J28	Poids J35	Poids J42
Poids moyen	58	109	211,55	408,5	709	1008,5	1299,75
$V(x)$	4,444	8,88	39,527	4,285	7,142	4,285	16,5
$\sigma(x)$	2,108	2,979	6,287	2,070	2,672	2,070	4,062
C.V	3,634	2,733	2,971	0,506	0,376	0,205	0,312



Graphique 12 : Croissance pondérale des poulets à J0, J7, J14, J21, J28, J35, J42. Du 1^{er} et 2^{ème} lot. Le gain de poids est donc significativement augmenté après le traitement de l'eau de boisson.

*Analyse
et discussion
des résultats*

4. Discussion des résultats

La discussion s'articule autour de 2 lots de poulet de chair :

- Un lot de poulet est alimenté par l'eau de puits.
- Un lot de poulet est alimenté par l'eau de réseau traité.
- La qualité physico-chimique de l'eau.
- La qualité bactériologique de l'eau.
- Performance zootechnique.

4.1. Interprétation des résultats d'analyses physico-chimique

1^{er} lot ET 2^{eme} lot :

L'eau est le premier aliment des volailles : elles boivent presque deux fois plus qu'elles ne mangent, ce point demeure le plus important pour lutter contre les problèmes de chaleur car pour compenser la déshydratation (par l'augmentation du rythme respiratoire) les poulets doivent augmenter leur consommation d'eau et l'augmentation de la température de l'eau a un effet négatif sur la croissance. La qualité de l'abreuvement est déterminante dès l'arrivée des poussins, à la lueur de cette toute première expérience, nous avons cependant, relevé des lacunes, pour le démarrage du premier lot, on a constaté l'absence d'un programme de désinfection, par inconscience de l'éleveur, le manque d'hygiène. Aucun éleveur n'a jamais réalisé d'analyse physico-chimique de l'eau approvisionnant leur élevage et par conséquent ne modifient pas les paramètres physico-chimiques de l'eau.

La qualité physico-chimique et bactériologique de l'eau de puits et l'eau de réseau

La température de l'eau se situe entre (19°C et 25°C), d'où la diminution de la solubilité d'oxygène dans l'eau (Mongomery M, 1964), les eaux dépourvues d'oxygènes sont très réductrices pourront contenir en solution du fer ferreux du manganèse et même des sulfures dans certaines cas. Une eau pour la boisson ou l'abreuvement des animaux devra contenir au moins 5 à 6mg/l d'oxygène dissous (Montiel A,2007),ce résultat se rapproche de ceux d'Aissi en 1992, et de Comranvi en 1994 à Cotonou qui retrouvent des températures variant entre 18°C et 30°C ces températures élevées pouvant s'explique par l'influence de la température ambiante sur les eaux mais aussi, la nappe souterraine d'eau, étant elle-même à une faible profondeur, il convient de noter qu'une eau dont la température est située entre 25° et

28° constitue un bon milieu de culture pour les microorganismes de l'environnement (Makoutode, 1999), pour vaillant (1973) une température de 25°C favorise le métabolisme des espèces mésophiles. Une température élevée des eaux dans le réseau 18°C ou les bâches à eau peut être à la base d'un développement planctonique important (M.Bouziane 2000).IL faut rappeler que l'utilisation d'eau fraîche pour combattre le stress thermique peut avoir un effet positif, des études ont montré que le fait de donner de l'eau d'abreuvement fraîche aux poulets contribuait à accroître leur poids au quotidien. (Andrew A.Olkowski, 2009).

Les résultats d'analyses effectuées attestent que l'eau de puits et l'eau de réseau présentent une dureté élevée, cette dureté élevée est généralement due à un excès en calcium, magnésium, manganèse et le fer essentiellement (Itavi, 2000).

Notre eau présente une dureté supérieur à 15°F norme recommandée par l'OMS, cela augmente significativement la concentration de flore totale au démarrage ainsi que le risque de contamination par les germes cela concorde avec nos résultats et les résultats obtenus lors de l'étude de 2006, par Travel .Aussi les eaux, très calcaires pouvant conduire facilement à un entartrage des canalisations (Keck, 1995), des accidents d'élevage, une précipitation de sels dans les équipements d'abreuvement, ce qui peut diminuer le débit d'eau et cela ayant pour effet potentiel une privation d'eau, La privation d'eau a des effets indésirables sur le taux de croissances des volailles, une perte de poids ou une stagnation du poids voir dans les cas extrêmes une augmentation de la morbidité et de la mortalité, peut aussi perturber notre traitement antibactérien.

(Itavi, 2004, Andrew A. Olkowski, 2009).

Le pH est un indicateur sur l'acidité ou la basicité de l'eau notre, eau a un pH basique il s'agit d'une eau calcaire ou souillée par des matières organiques, cela favorisera la prolifération intestinale des bactéries pathogènes (Villate, 2001).

Le milieu intestinal des oiseaux est acide, d'où la préférence d'une eau de boisson de pH<7 qui exerce un effet stabilisateur, et sélectionne la flore intestinale favorable (J-Luc Guérine et al, 2011).

A JO, un pH de l'eau supérieur à 6 favorise le développement du biofilm dans les canalisations en amont du bâtiment et dans le bâtiment en cours du lot, au jour 28 et 35 et 42 jours, un pH supérieur à 7 augmente significativement le risque de contamination de l'eau de boisson par des bactéries potentiellement pathogènes ce qui a été démontré dans nos analyses. Cependant, le pH est vraisemblablement le facteur

le plus important à prendre en compte dans l'évaluation de la qualité de l'eau. Nos résultats concordent avec ceux obtenus lors de l'étude, 2006 par Travel.

IL faut souligner qu'une eau riche en matière organique et fer favoriserait la progression de la charge bactérienne dans les canalisations et les abreuvoirs, la présence de matière organique dans les abreuvoirs et dans les canalisations est courantes associée à une température élevée vont favoriser le développement des germes fécaux comme les streptocoques et les coliformes, voir les salmonelles

(Itavi, 2004), en effet la qualité de l'eau dépend de la propreté des canalisations car la formation du biofilm dans les canalisations peut relarguer des bactéries qui vont contaminés l'eau (Pupin. P, 2013).

Les résultats chimiques de l'eau prélevée eu cours de notre étude révèlent la présence d'éléments chimiques, indice de pollution comme les nitrates et le fer, les nitrates sont les témoins d'une pollution organique, ou fécale (Villate, 2001).

Des concentrations élevées de nitrate sont généralement dues à la contamination, la non étanchéité des puits, l'existence de sols perméables dont la nappe phréatique est peut profonde, située dans les zones d'exploitations intensives ou dans les terrains d'infiltration des fosses septiques une étude récente de Zaki et al(2004) a montré que la présence de nitrate dans l'eau d'abreuvement peut altérer les fonctions des hormones thyroïdiennes, ce qui peut avoir un impact négatif sur le taux de croissance et affecte la capacité d'un animal à absorber l'oxygène.

Aussi les taux des nitrates élevés risquent de générer des troubles digestifs, des retards de croissance, une concentration importante en nitrate, même si elle peut être supportée par les animaux, peut laisser supposer que cette eau est porteuse de bactéries de type fécal.

Nitrates et bactéries sont souvent associés aux pollutions par les eaux de surface (Itavi, 2004, Travel, 2006).

N'oublions pas que les ions nitrates qui sont réduits en ions nitrites entraine à la méthémoglobinémie qui peut être à l'origine de mort de nombreux poussins (Rodier, 2005, Montiel A, 2007).

Une pollution bactériologique pathogène accompagne souvent la pollution organique (Keck, 1994). On sait que plusieurs maladies gastro-intestinales peuvent être associées à la consommation d'eau, ce qui provoque parfois des épidémies dramatiques, les chercheurs ont décelé dans les déjections de volailles la présence d'E. coli, de salmonelles, et de campylobactéries, les principaux responsables de la

contamination de l'eau potable.

Une fois sortis des intestins des animaux, ces coliformes fécaux survivent grâce à la température élevée, à la forte humidité et au manque d'aération dans les fumiers, et que dans l'eau, la plupart subsistent des jours, voir des mois. (Guilbert et al, 2002) alors, les streptocoques fécaux trouvaient dans l'eau de puits et dans l'eau de l'abreuvoir du 1^{er} lot suivis, sont en relation, avec la pollution fécale due aux animaux à sang chaud (Whitman et al, 1995) leurs numérations Sont souvent en relation avec celles de Coliformes totaux et fécaux (Nuzzi et Burhans, 1997) nos résultats attestent d'une telle relation.

4.2. Interprétation des facteurs de variation de la qualité

Bactériologique de l'eau

L'analyse bactériologique de l'eau de puits est contaminée plus que l'eau de réseau et montre une pollution bactériologique liée surtout aux coliformes totaux et aux coliformes fécaux et aux streptocoques fécaux cette pollution augmente largement dans les abreuvoirs d'où la formation d'un biofilm. En effet, la présence de ces germes indicateurs de contamination a pour origine possible liée aux problèmes et défaillances des installations ; Plusieurs facteurs pourraient expliquer la pollution bactériologique, liées à :

Le non étanchéité des puits des exploitations d'élevage est la cause la plus courante de contamination des eaux souterraines, aussi l'existence de sols perméable dont la nappe phréatique est peu profonde (Zaki et al, 2004) ; l'assainissement du milieu, et le degré de protection que lui confère son site géologique (Haslay. C, Leclerc. H ,1993). Les cross – connexions où il y a contamination des eaux potables par les eaux usées (l'ancienneté des canalisations, absence d'un périmètre de protection, L'utilisation des fausses septiques comme un moyen d'évacuation des eaux usées). Aussi la défaillance de la désinfection, l'utilisation d'une eau non traitée et non contrôlée par le bureau d'hygiène, le comportement des éleveurs (le non respect des règles d'hygiène), les facteurs liés au mode de gestion des eaux (recueil, transport, stockage une souillure du réservoir) .(Joffin C et al,1999 ;Bouziani, 2000).

Je rappelle que la recherche des coliformes totaux permet d'obtenir des informations sur la qualité sanitaire de l'eau et sur la vulnérabilité possible d'une source à la pollution de surface, ils sont essentiels dans le diagnostic d'une contamination

fécale (Rodier, 2005).

Donc la source principale d'approvisionnement en eau du bâtiment est un facteur de risque au niveau de la contamination initiale de l'eau par la flore indicatrice (germes potentiellement pathogènes). Les puits véhicules plus de germes que le réseau public. Les critères de qualité bactériologique recommandés sont que dans 100 ml d'eau on ne tolère la présence d'aucun coliformes, ni streptocoque fécale, ni de staphylocoque pathogène (OMS, 1972) donc un seul coliforme fécal mis en évidence fait qu'une eau n'est pas potable, un seul streptocoque fécal conduit à la même conclusion.

(Bontoux, 1983).

4.2.1. Traitement par hypochlorite de sodium

Les analyses bactériologiques réalisées montrent l'efficacité du traitement, à J35, J42 la présence de la flore indicatrice est significativement réduite avec un traitement antibactérien, à partir d'une eau de réseau, nous avons rempli des bidons de 20L auxquels nous avons ajouté hypochlorite de sodium, la chloration permanente permet de réduire le développement de la (flore totale) jusqu'au dernier abreuvoir à J35, J42. Les recommandations portant sur la présence d'une cuve tampon, un temps de contact produit/eau de 20min et le contrôle des doses résiduelles jusqu'au dernier abreuvoir doivent être respectées cela permet de détruire 100% des germes présents dans l'eau. Le respect de ces recommandations pour une chloration efficace et un contrôle régulier en bout de ligne, des doses résiduelles de produits antibactériens est associé à une contamination réduite des canalisations par le biofilm à J35 jusqu'à disparation.

4.2.2. Traitement bactériologique ponctuel

Il est vivement recommandé de traiter l'eau en continu afin d'éliminer les agents potentiellement pathogènes.(CIPC,2012).Un traitement bactériologique ponctuel permet de réduire significativement le risque de contamination de l'eau en cours de lot, la mise en place précoce d'une désinfection (< 2 semaines d'âge des poulets) ou lors de diarrhées réduit le risque de contamination de l'eau au dernier abreuvoir à J35 et en contrôlant les doses résiduelles en bout de ligne afin de distribuer une eau indemne de bactéries, aussi un réajustement efficace de la dose permet une diminution de la quantité de flore totale Jusqu'au dernier abreuvoir à J35, à J42.

Attention de la déviation de paramètres comme le pH, la dureté, la teneur en fer, en nitrate, en matière organique, peuvent interagir avec le traitement, le produit bactéricide utilisé surtout hypochlorite de sodium qui doit être adapté à la qualité physico-chimique de l'eau.

Si on respecte ce principe on aura une eau indemne de germes.

- chloration :

Selon nos résultats, il apparaît que l'eau ayant un pH inférieur à 7, semble améliorer l'efficacité de hypochlorite sodium de (réduction et absence des germes), je rappelle que la teneur en fer de l'eau excédant 0,2mg /L neutralise le chlore (recombinaison) malgré les pratiques correctes du chlore. Aussi un excès de nitrate (supérieur à 50mg/l) est corrélé à de faibles doses de chlore ce qui explique l'absence du chlore dans l'eau de réseau d'où la rechloration. IL semble donc que la dose résiduelle du chlore jusqu'au dernier abreuvoir soit modulée par plusieurs facteurs.

Cela a été démontré dans notre étude.

IL faut noter que la présence des streptocoques fécaux dans le bâtiment d'élevage et dans les abreuvoirs au démarrage du premier lot est surtout due aux conditions de stockage qui sont mis en cause. L'eau des citernes et du circuit et des réservoirs ; la stagnation de l'eau dans les réservoirs peut entraîner des augmentations spectaculaires de bactéries totales pouvant aller de 10 jusqu'à 10.000 fois le nombre initial, cette perturbation peut affecter d'avantage le dénombrement à 20°C (principalement au cours du mois d'été). Au cours de l'hiver. Ces fluctuations sont plus rares et moins spectaculaires (Haslay C, Leclerc H ,1993).

Donc un entretien mal fait et une désinfection mal faite ou absente de l'eau, ne parvienne pas à éliminer le biofilm, dans les canalisations et à distribuer de l'eau, dépourvue des bactéries au démarrage ce qui explique les problèmes sanitaire vue pour le 1^{er} lot suivis.

Nos résultats bactériologiques se rapprochent des résultats de l'étude obtenue par (Itavi, 2006).

Le type de matériau constituant les canalisations, avant le bâtiment et entre le bâtiment et les abreuvoirs influence la proportion de flore totale présente au démarrage. Le polyéthylène haut densité constituant les canalisations allant du bâtiment aux abreuvoirs diminue la quantité du biofilm retrouvé au démarrage jusqu'au bec de l'oiseau sera toujours inférieure à 1000UFC/100ml.

Le filtre placé avant les traitements son changement et son lavage régulier diminuent le risque de contamination par les germes en bout de ligne à J35.

La présence du biofilm dans les canalisations.

L'apparition précoce des diarrhées (dés le 10^{ème} jour d'âge) pour le premier lot laisse penser que la présence du biofilm dans les canalisations au démarrage est un facteur favorisant l'apparition de trouble digestifs dès les premiers jours des animaux ; le système d'abreuvement destiné à garder les oiseaux en bonne santé délivre une eau riche en pathogènes. Le biofilm représente un terrain propice au développement des pathogènes, qui colonisent, dès la mise en place, le tractus digestif des poussins et créent ainsi une instabilité digestive, Au cours du vide sanitaire, le nettoyage des canalisations diminue le risque de contamination par les bactéries indicatrices et limite la quantité de biofilm en bout de ligne.

- Performance zootechnique

Après l'oxygène, l'eau est le deuxième élément vital de tout être vivant. L'eau est le principal constituant du corps et représente environ 70% du poids vif total.

L'ingestion d'eau augmente avec l'âge de l'animal et avec la température ambiante du poulailler le rapport eau / Aliment normal doit être compris entre 1.8-2.

Au -delà de ce rapport, des risques de dégradations de la litière apparaissent, suite à une excrétion plus importante d'eau et d'électrolytes dans les fientes d'où diarrhées.

La qualité de l'eau de boisson est à vérifier et à analyser régulièrement, surtout en climat chaud et humide.

Quand on compare les résultats en poids moyen des deux lots avec des valeurs standards il est important de tenir compte des conditions d'élevage. Le premier lot présente des diarrhées entre J14, J21, et J42, le poids des animaux à J35 est (1kg 008,56) et à J42 (1kg 299gr),si l'on met en relation, ces résultats avec la qualité bactériologique de l'eau qui est non conforme, par la mise en évidence de bactéries coliformes, coliformes thermotolérants, streptocoques ,un lien positif a été observé, le poids des animaux est réduit par rapport au poids standard, le poids se dégrade ceci pouvant être expliqué de manière générale et logique que durant les trois premières semaines de vie des poussins alors que la bourse de Fabricius est en plein développement ; les poulets deviennent vulnérables aux infections par des agents opportunistes et répondent faiblement à l'immunisation vis-à-vis des autres pathogènes ,le gain de poids est significativement diminué pour le premier lot .

On peut expliquer que ce retard de manière irréversible dans le poids du premier lot affecte la croissance de l'oiseau et décale la maturation des capacités de défenses contre les agents pathogènes.

Les animaux du 1^{er} lot présentent une forte hétérogénéité mesurée par un écart type et par le coefficient de variation du paramètre poids pour chaque animal.

Le deuxième lot n'a pas de diarrhée, le poids des animaux à J35 (1kg112gr) à J42 le poids est (1kg 412) en moyenne. Si l'on met en relation ces résultats avec la croissance des animaux et la qualité bactériologique de l'eau qui était conforme aux normes, un lien positif est observé avec le poids, ce dernier est satisfaisant, le coefficient de variation montre qu'il ya une homogénéité du poids pour ce lot, donc la croissance était homogène. Une attention particulière doit être apportée à la qualité de l'eau qui n'est pas aisée à gérer en élevage et qui peut être source de dysfonctionnement digestif (Bouvarel et al, 2005). Il est bien sur évident que d'autres facteurs peuvent être sources de dysfonctionnement digestif.

Conclusion

Conclusion

Cette étude a été réalisée pour dégager, le lien le plus performant qui existe entre la qualité de l'eau de boisson, les diarrhées non spécifiques et le rendement, tout en démontrant l'efficacité du traitement et l'intérêt du contrôle de la dose résiduel du chlore, l'intérêt de mesurer la qualité de l'eau par des analyses. Dans notre cas la gestion de l'eau nécessite encore de gros efforts auprès des éleveurs en termes de formation et d'information, ainsi que l'amélioration de l'équipement des élevages ; la qualité de l'eau un enjeu majeur de sécurité sanitaire, c'est le premier aliment des volailles avec un rapport eau /aliment de 1,8 environ (d'après les références Françaises) : sa gestion est essentiel pour assurer les bons résultats en terme de santé des animaux et efficacité des traitements. 75% des pathologies émergentes chez l'homme viennent des animaux. Le respect des règles d'hygiène d'un vide sanitaire ; les actions de nettoyage et de désinfections qui peuvent éliminer 60 à 70% des risques, les mesures curatives pour éliminer ou contrôler ce biofilm sont, soit chimiques (action des oxydants), soit mécaniques (la purge met la pression au biofilm ou nettoyage mécanique des canalisations limite la formation du biofilm et optimise l'efficacité des traitements). La qualité de l'eau a toujours préoccupé les scientifiques. Les épidémies causées par la contamination microbienne de cette ressource. L'ingestion d'une eau contaminée peut provoquer des gastro-entérites plus ou moins aiguës selon le type de microbe impliqué et la quantité d'eau consommée (Rice et al, 1992). Il faut savoir que les poussins, les jeunes poulets, sont plus à risque à contracter une maladie, ces infections affectant le système digestif peuvent être d'origine bactérienne, virale ou parasitaire ; elles entraînent à des degrés différents, les mêmes symptômes aux animaux atteints, soit des douleurs abdominales, des pertes de poids, des diarrhées (Gélinas, 1995). Ainsi, les maladies transmissibles aux humains par la contamination de l'eau ont fait l'objet de recherches et d'analyses afin de contrôler et limiter leur expansion (Hafliger et al, 2000).

Comme le montrent diverses études la qualité de l'eau de boisson est un facteur important, et peut augmenter la transmission de germes pathogènes à l'animal, par les abreuvoirs qui sont des vecteurs de transmission de la bactérie au sein des troupeaux, et cela grâce au biofilm qui va assurer l'installation et la persistance du pathogène, qui pourra à son tour contaminer un élevage qui peut à son tour contaminer l'homme directement ou les aliments qu'il consomme : œufs-viande. (R. Briandet et al, 2012, Fedeik Ghim ,2013). Dans certains cas une eau de réseau ne posant pas de problème pour l'homme peut introduire des mortalités importantes dans les élevages intensifs, à tel point que des rechlorations de l'eau du réseau public, sont même indispensables (Montiel A.2007). Salmonella est parmi les microorganismes classiquement

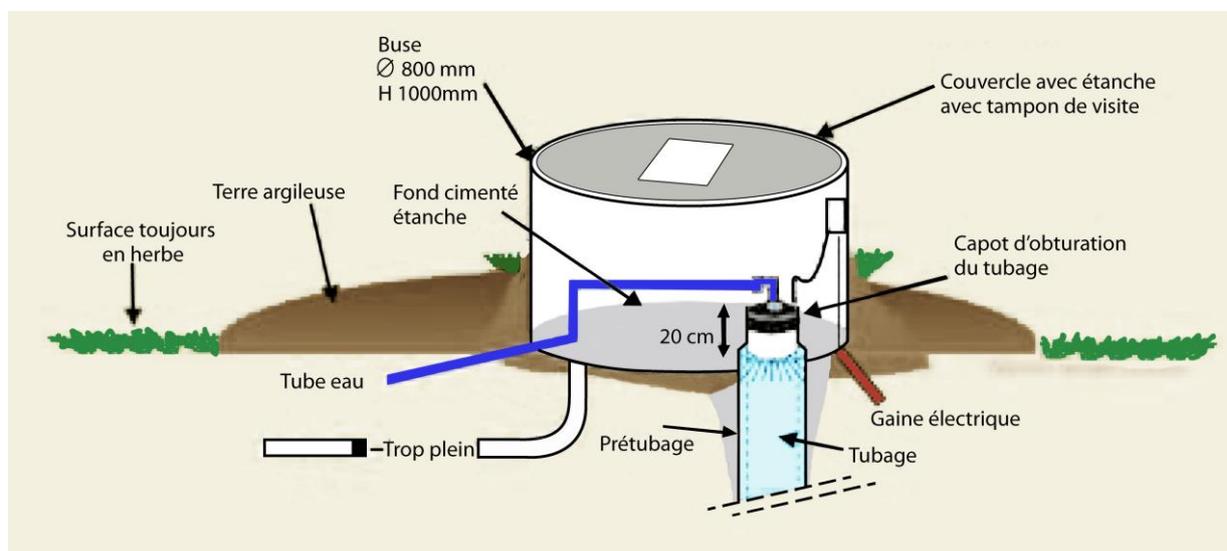
impliqués dans des épidémies transmises par l'eau lors de défaillances plus ou moins fortes du traitement d'eau potable (Payment et Harteman, 1998). Cependant, L'OMS (2000) a indiqué que la résistance de Salmonella au chlore est faible. Par ailleurs, AFSSA (2002a) a noté que le chlore et les dérivés chlorés sont très efficaces contre les salmonelles en l'absence de matières organiques. La qualité microbiologique de l'eau de boisson, doit être surveillée par des analyses et contrôles réguliers de la dose libre d'hypochlorite de sodium à l'arrivée du bâtiment et sur les prélèvements d'eau en bout de ligne, au plus près du bec des oiseaux. Eau de réseau, est traitée et contrôlée par le bureau d'hygiène qui doit être parfois traitée pour garantir, sa potabilité (Elodit D.2013).La contamination de l'eau peut s'effectuer de plusieurs façons et à différents niveaux, de l'entreposage(réservoir) jusqu'à la source d'approvisionnement en eau des bâtiments tels que les puits/forages peuvent présenter un risque de contamination par des germes d'origine fécale ou développement important de flore totale (biofilm) dans les réservoirs et les canalisations , s'ils ne sont pas correctement protégés et entretenus. Une épidémie de salmonelles qui s'est déclarée aux Etats Unis, en 1993, a impliqué 650 personnes dont 15 en sont mortes, c'est la qualité des installations d'entreposage de l'eau potable qui a causé cette contamination. En effet, les toits d'entreposage étant percés, ce sont les oiseaux sauvages qui ont contribué à polluer l'eau par leurs matières fécales (Angulo et al, 1997).Il est reconnu que les oiseaux sont souvent porteurs de salmonella (Arvanitid ou et al, 1997, Baudart et al, 2000).Des défaillances dans les systèmes de traitement, voir le refoulement des eaux usées dans celui de l'eau potable, ont amené d'autres cas d'épidémies (Schwartzbrod,1992).Le matériel (type d'abreuvoir ou type de matériaux de canalisations) influence largement le développement du biofilm à l'intérieur des tuyauteries .De même la révision du matériel (présence d'un filtre, d'un double circuit) est une précaution à ne pas négligé car un dérèglement ou dysfonctionnement peut nuire à l'efficacité du traitement (Travel,2007).En Suisse, une épidémie a affecté environ 1800 individus, elle a été causée par la défectuosité d'une pompe dans le système de traitement, ce qui conduit à l'infiltration de contaminants dans les eaux souterraines, d'autres bactéries telles que Campylobacter Jejuni est également été isolées, mettant en évidence une contamination multiple de l'eau (Hafliger et al,2000).En 1991,dans le Montana aux Etats-Unis, une épidémie relié à la bactérie Escherichia Coli, faisant 243 sujets infectés et causa quatre décès,tire son origine du système de distribution de l'eau de consommation (Rice et al,1992).On peut aussi citer l'épidémie de mai 2000 à Ontario, où le système de chloration a fait défaut après que les eaux souterraines ont été contaminées avec des effluents d'élevage des animaux de fermes située à proximité(Balbus et al,2002),dans ce cas,2300 personnes ont été infectées dont six sont

décédées dans ce cas, le système de chloration a été déficient, cessant tout traitement de l'eau et accroissant par le fait même la portée de la contamination. Les engrais de ferme sont souvent considérés comme étant une source importante de contamination microbienne (Bridgman et al, 1995). Les rejets liés aux élevages contiennent des bactéries et des parasites transmissibles (Desrosiers et al, 2001), ces derniers peuvent causer des infections graves et des épidémies de gastro-entérites (Laferrière et al, 1996). De plus, le ruissellement causé par de fortes pluies peut contribuer à la contamination de l'eau (O'Shea et Field, 1992, Hedberg et al, 1993, Bridgman et al, 1995). L'eau peut devenir un véritable bouillon de culture d'autant plus pénalisant sur de jeunes animaux dont les systèmes digestif et immunitaire sont à peine développés. La source principale d'approvisionnement en eau de bâtiment est un facteur de risque au niveau de la contamination initiale de l'eau par la flore indicatrice. Les puits et les forages qui ne sont pas entretenus régulièrement véhiculent significativement plus de germes que le réseau public avec le risque de retrouver de fortes proportions de biofilm en bout de ligne. La non protection des têtes de forage ou de puits semble également augmenter ce risque. La stagnation de l'eau dans les réservoirs de distribution peut entraîner des augmentations spectaculaires de bactéries totales pouvant aller de 10 à 10000 fois le chiffre initial. Ce phénomène se produit, en particulier lorsque le résiduel du chlore libre disparaît de l'eau stockée, la formation du biofilm constitue une source inépuisable de bactéries qui peuvent être relarguées périodiquement dans les canalisations, ce qui explique que la concentration microbienne peut être plus élevée qu'au départ. Dans notre étude, nos résultats montrent clairement le lien entre le traitement chimique, le nettoyage mécanique qui est un point essentiel de la gestion de la propreté des canalisations, la purge des rampes d'eau pour combattre la colonisation des canalisations par le biofilm afin d'éviter la prolifération de germes en cours de lot. Il est établi que le gain de poids est en étroite relation avec la qualité de l'eau ; les lourdes pertes économiques induites par l'importance des troubles digestifs non spécifiques, exigent le respect de bonnes pratiques hygiéniques durant la période d'élevage et de biosécurité, jouent en faveur d'une diminution des dépenses de santé totales. (Olivier B, 2005). L'étape de nettoyage et désinfection, pendant le vide sanitaire est primordiale pour garantir une eau bactériologiquement propre et saine. IL est important d'optimiser la gestion de l'ambiance afin de ne pas favoriser une consommation excessive d'eau. La déviation de paramètre comme le pH, la teneur en fer ou en Nitrate peuvent interagir avec le chlore et module son efficacité antibactérienne, le contrôle régulier des doses résiduelles, permet de réaliser des corrections de la dose efficace afin de garantir le traitement et de sauver le statut sanitaire des poulets et de réduire les déséquilibres digestifs. La gestion de l'eau nécessite encore

de gros efforts auprès des éleveurs en termes de formation et d'information, ainsi que l'amélioration de l'équipement des élevages, la qualité de l'eau un enjeu majeur de sécurité sanitaire. Comme le montrent diverses études, la présence de germes pathogènes dans l'eau de boisson est un risque d'affaiblissement de la santé des volailles et de réduction des performances, et augmentation de taux de saisie à l'abattoir. Certains acheteurs venus profiter de la situation proposent moitié prix aux éleveurs, ces derniers sont contraints de céder la viande blanche de ses poulets malades à moitié prix ou même pas. Voilà ce qui pousse l'éleveur à vendre clandestinement ses poulets malades ; le comportement des éleveurs semble être la variable clé et la gestion de l'abreuvement apparaît comme un facteur majeur de variations des performances en vu de nos résultats. Par ailleurs, cette étude a mis le doigt sur la nécessité de mieux gérer la qualité de l'eau de boisson, il convient d'assurer une maîtrise parfaite de la conduite des élevages, en plus des précautions sanitaires : maîtrise des conditions d'accueil des poussins, gestion de la source dont le périmètre de protection autour des ouvrages de captage correspond à une distance équivalente à un délai de 60 jours, temps nécessaire pour l'élimination de toute contamination bactérienne et virale par atténuation naturelle, et qui ne doit pas être inférieure à 100 mètres à partir du captage, gestion de la qualité de l'eau, gestion de la litière, gestion de la distribution des aliments, gestion de la température vécue par les animaux, gestion des pathologies tout en respectant les consignes standard, servi avec intelligence, chaque médicament en générale, il vaut mieux consulter le vétérinaire, personne indiquée pour juger de l'emploi judicieux des médicaments, en modifiant les vieux bâtiments, les vieux canalisations, les vieux citernes souvent de très faible qualité. Le bénéfice d'un bon aviculteur sur 1000 poulet égale celui de l'aviculteur moyen sur 7000 poulet.

Annexes

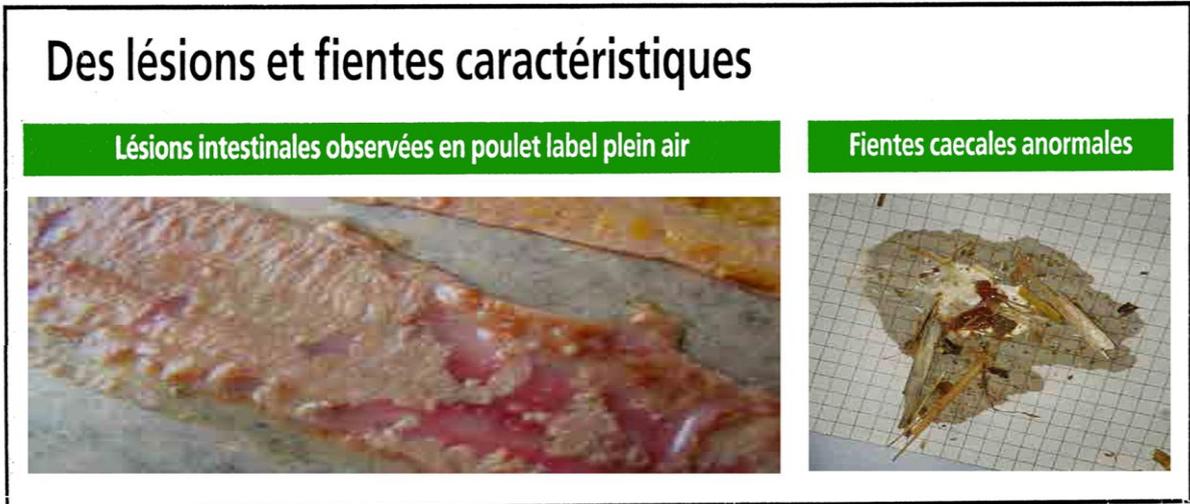
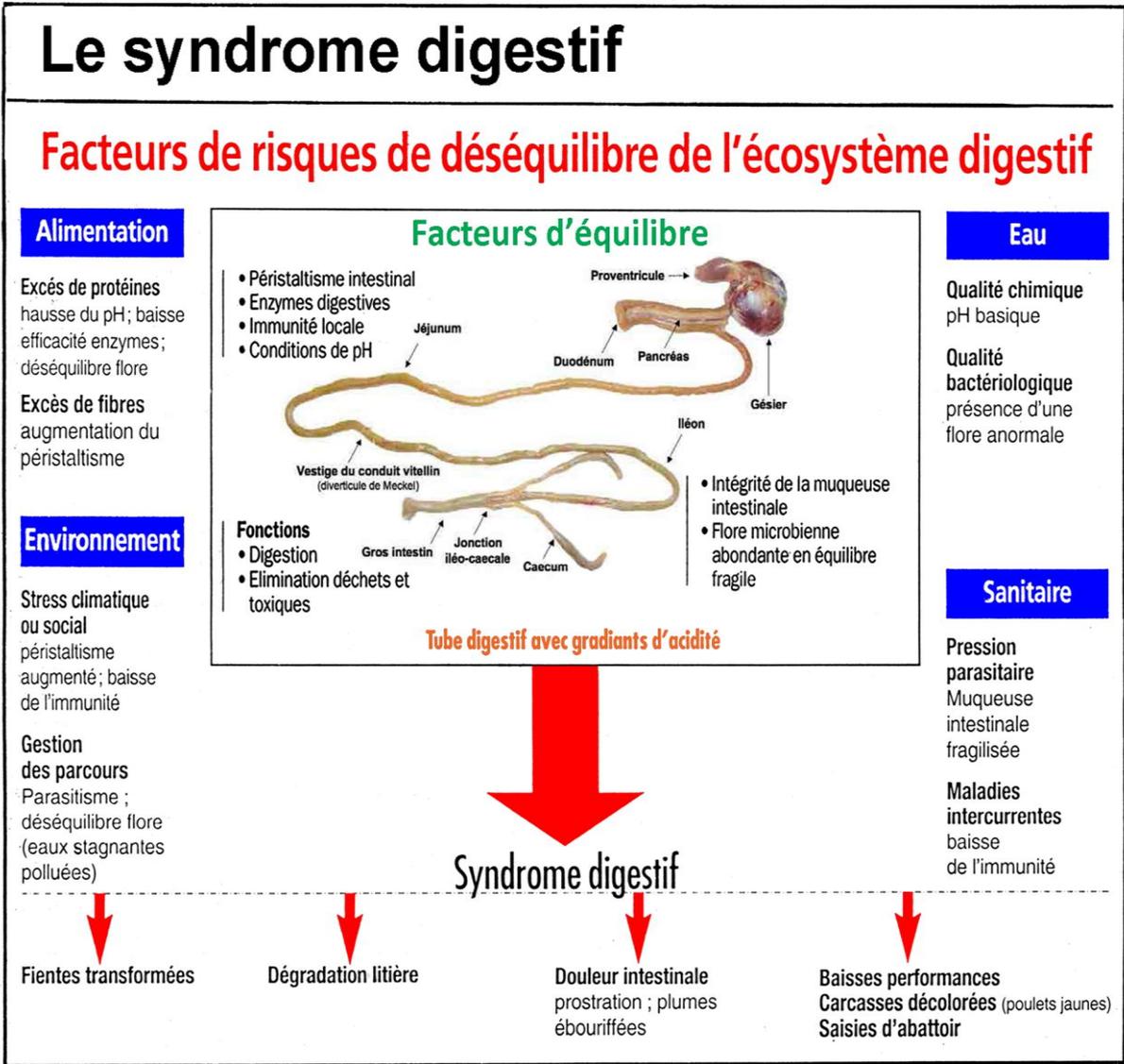
Annexe 1 : L'eau des puits ou forages peut présenter des risques de contamination si ceux-ci ne sont pas correctement protégés et entretenus.



Annexe 2 : Organismes indicateurs actuellement utilisée pour la détection de contaminations de l'eau (potable) par des matières fécales et éventuellement des agents pathogènes microbiens. (Koester, 2006)

Organisme indicateur	% dans les excréments de mammifères	Nombre par g d'excréments	Avantages	Inconvénients
Escherichia coli	100	$10^7 - 10^9$	Facile à compter	Moins résistant que certains pathogènes
Enterococci	100	$10^5 - 10^6$	Ubiquité dans l'eau	Réservoirs dans la nature
Clostridium perfringens	13-35	$10^6 - 10^7$	Résistant dans la nature et à la désinfection	Difficile à cultiver car demande des techniques anaérobies
Coliphages (spécifiques des excréments)	6	$10^1 - 10^2$	E.V – comme modèle pour les entérovirus	Nom résistant dans la nature

Annexe 3 : Principales maladies digestives.



Annexe 4 : Durée de survie de quelques agents pathogènes dans le milieu extérieur.

Agents pathogènes	Durée et condition de survie	
Salmonella	30 jours à plus d'1 an	Dans le sol, à l'abri du soleil
Salmonella typhimorium	18 mois	Litière et aliments à 11 ° C
Campylobacter jejuni	Jusqu'à 10 jours 3 semaines	à l'extérieur en conditions humides à 4° C dans fèces
Listeria monocytogenes	Plusieurs années	à l'extérieur dans fèces, sol, litière
Clostridium botulinum (Botulisme) et perfringens (Entérite nécrotique)		Fèces, sol, poussière, litière
Pasteurella multocida (Choléra aviaire)	Quelques jours Presque 1 an	Sol à moins de 40% d'humidité Dans la boue argileuse fraîche
staphylococcus	Une des bactéries non sporulant les plus résistantes. Survie longtemps sur des supports solides ou des exsudats	
Escherichia Coli (Collibacillose)	80 à 120 jours	en milieu sec, litière, poussière
Mycoplasma gallisepticum	1 à 3 jours	A 20 ° C, déjections, vêtements
Herpès-virus de la maladie de Marek	Au moins 1 an	à température ambiante dans litière, poussière, plumes sèches
Coronavirus de la Bronchite infectieuse (BI)	12 à 56 jours	A l'extérieur suivant la saison
Paramyxovirus de la maladie de Newcastle	2 à 3 mois 1 mois	Dans la litière En milieu extérieur
Orthomyxovirus de l'Influenza Aviaire	30 jours 7 jours	à 4 ° C dans déjections à 20 ° C dans déjections
Adenovirus de l'Entérite Hémorragique	6 mois	à 4 ° C
Virus de la maladie de Gumboro	Longue survie dans les poulaillers à cause de sa nature résistante	
Picornavirus de l'encéphalomyélite aviaire	Plusieurs jours	Abrité dans les fèces, litière
Oocystes (Coccidiose)	Très longue survie en présence d'humidité et de fraîcheur (température supérieure à 0 ° C)	
Pox virus de la variole aviaire	Plus d'1 an	Dans les sols des poulaillers
Poux gris	5 à 6 jours	Hors des oiseaux
Poux rouges	31 semaines	Sans repas
Œufs d'Ascaris	Jusqu'à 66 semaines	Température basse modérés

Annexe 5 : Importance du mode de vie dans la maîtrise du sanitaire.

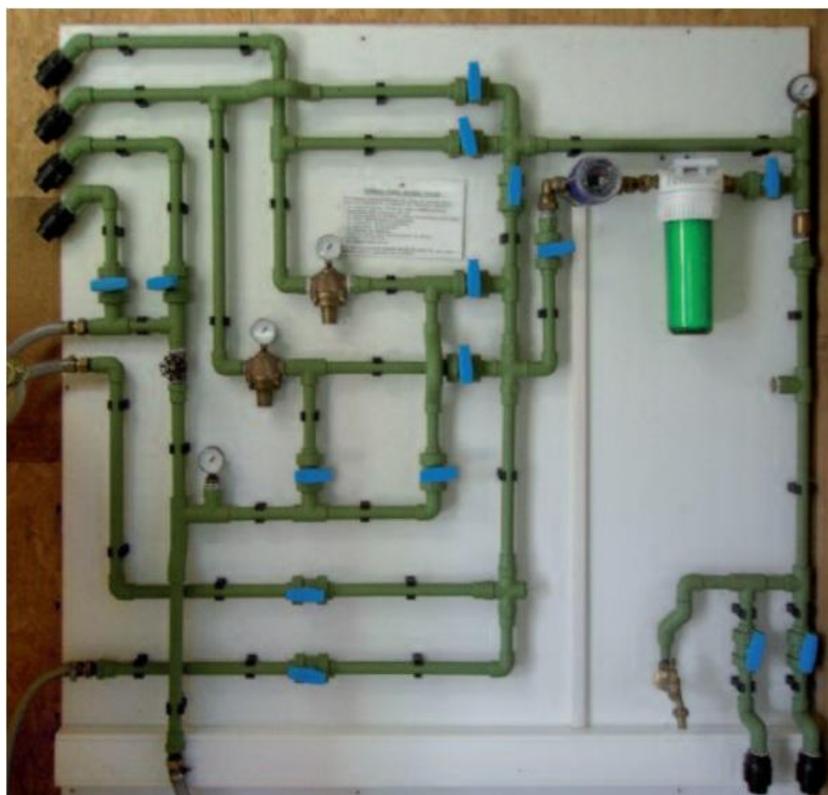


Annexe 6 : La santé des volailles est menacée.



Litière humide

Annexe 7 : Matériel de traitements ponctuels. (Itavi, 2010).



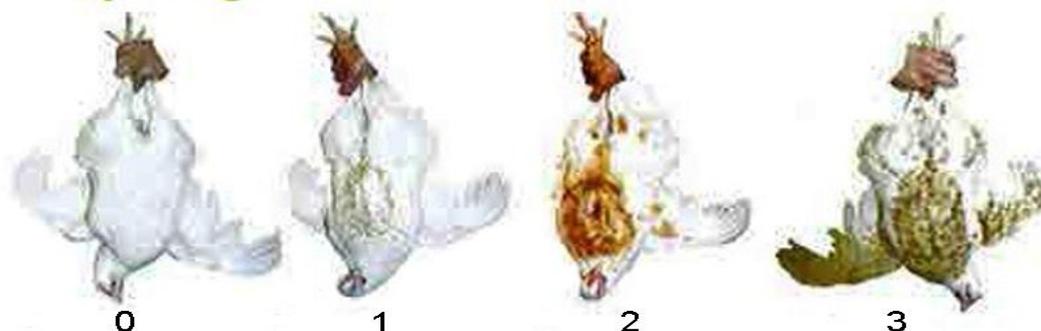
Annexe 8 : Des coudes qui favorisent le biofilm. (Itavi, 2014).



Annexe 9 : Quelques indicateurs d'observation de bien-être.

QUELQUES INDICATEURS D'OBSERVATION DE BIEN-ÊTRE

➤ Le plumage



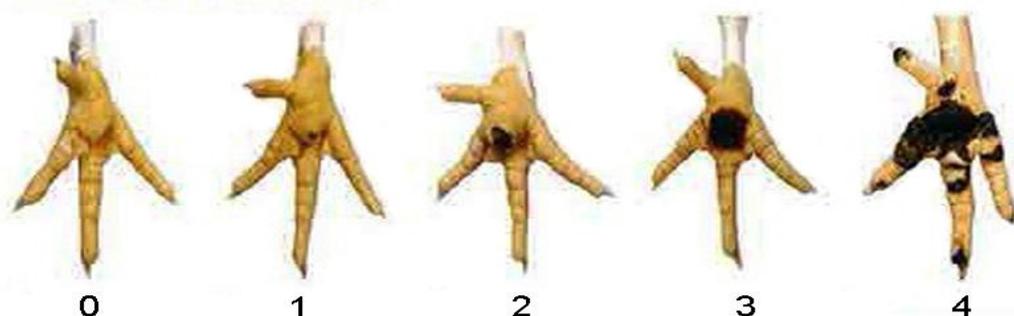
score 0 :	score 1 :	score 2 :	score 3 :
plumage propre	dégradation minime	plumage sale	plumage très sale

➤ Les farses



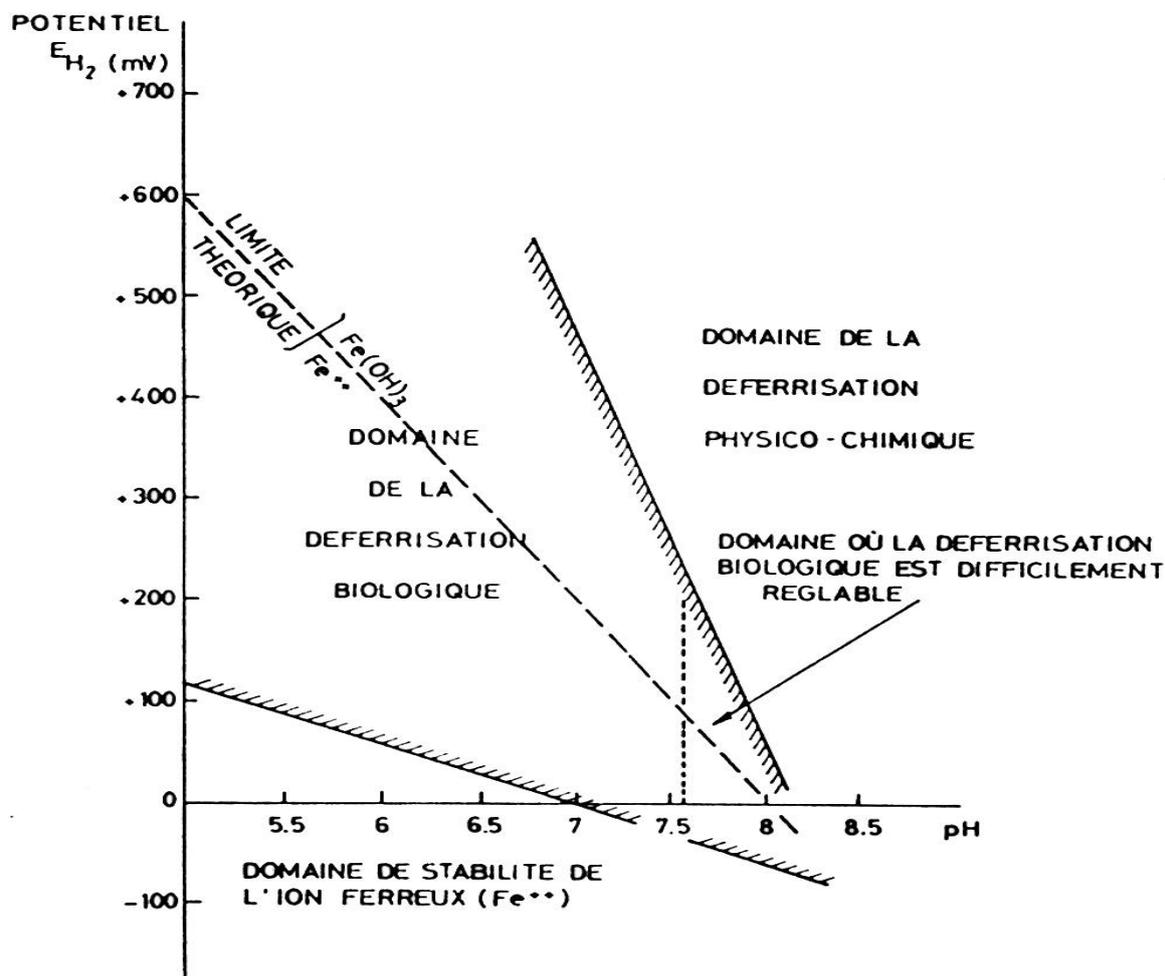
score 0 :	score 1 :	score 2 - 4 :
Absence de lésion	Lésion minime	lésions avérées selon leur importance

➤ Les pododermatites



score 0 :	score 1 :	score 2 - 4 :
Absence de lésion	Lésion minime	lésions avérées selon leur importance

Annexe 10 : Domaine d'existence de la déferrisation biologique.



Tous les pH inférieurs à 7, la cinétique d'oxydation physico-chimique est si lente, que la compétition entre les deux modes de déferrisation ne peut plus exister, et le système évolue spontanément vers le processus biologique

Annexe 11 : La vaccination dans l'eau de boisson en cinq étapes.

La vaccination dans l'eau de boisson en cinq étapes

Le déroulement de la vaccination va de l'achat du vaccin à la validation de la vaccination en cinq étapes.

1/Conservation du vaccin

- Le vaccin doit être conservé à une température comprise entre 2 et 6°C et à l'obscurité-dans un réfrigérateur.
- Attention lors du transport dans la voiture pendant de fortes chaleurs-prévoir un sac isotherme.

2/Préparation du matériel et des animaux

Supprimer la chloration 48 heures avant La vaccination.

- Nettoyer le bac et les abreuvoirs avec une éponge propre et sans désinfectant.
- Réaliser une période d'assoiffement : couper le circuit d'eau pendant 1h30-relever les lignes.
- Si vous travaillez en programme lumineux, assoiffer pendant l'obscurité-en fin de période.
- Vacciner des animaux en bonne santé.

3/Réparation du vaccin

- Utiliser pour la préparation du vaccin du matériel propre dépourvu de toute trace de désinfectant- l'idéal étant du matériel réservé à la vaccination.
- Préparer le vaccin dans un endroit propre et à la fin de la période d'assoiffement.

A/Solubilisation du vaccin

- Utiliser, pour mettre le vaccin en suspension, une eau de qualité bactériologique et chimique irréprochable.
- A l'aide d'une seringue et d'une aiguille neuves, prélever 2 ml d'eau dans une bouteille et les injecter dans le flacon contenant le vaccin.
- Agiter afin d'obtenir une solution homogène.

4/Réalisation de la vaccination

A) Distribution par le circuit d'abreuvement

- Vidanger les tuyauteries puis faire passer l'eau vaccinale (vérifier soi arrivée en bout de ligne = eau blanche). Procéder en début de phase claire si vous travaillez en programme lumineux.
- Baisser les lignes de pipettes afin que l'accès au vaccin soit simultané pour tous les animaux. Pour des plasons, allumer la lumière lorsque la solution colorée revient au bac.

B) Distribution au moyen d'arrosoirs

- Prévoir plusieurs personnes pour remplir les points d'eau en même temps en plusieurs endroits et assurer un remplissage rapide de l'ensemble des points d'eau.

Valences vaccinales

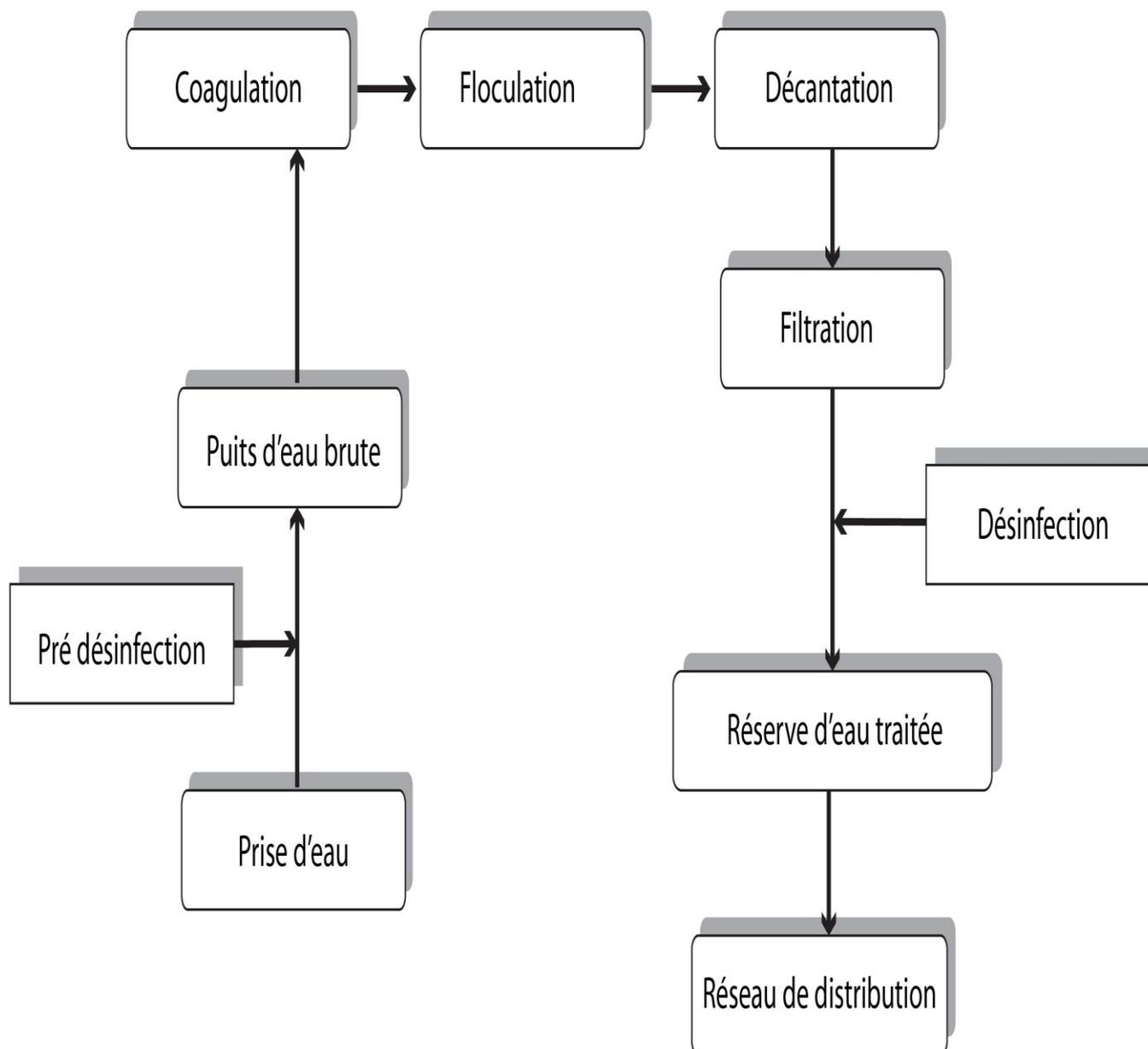
• Poulet	Voie orale obligatoire Maladie de Gumboro	Voie orale possible Coronavirus, Paramyxovirus...
• Dinde	Entérite hémorragique	Paramyxovirus, Rhinotrachéite...

Annexe 12 : Valeurs de C.t d'inactivation de kystes de giardia par le chlore, à 10°C (U.S.EPA, 1989).

	pH ≤ 6						pH = 7						pH = 8						pH = 9					
	Log. d'inactivation						Log. d'inactivation						Log. d'inactivation						Log. d'inactivation					
Cl ₂ mg/l	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0
≤ 0.4	12	24	37	49	61	73	17	35	52	69	87	104	25	50	75	99	124	149	35	70	105	139	174	209
0.6	13	25	38	50	63	75	18	36	54	71	89	107	26	51	77	102	128	153	36	73	109	145	182	218
0.8	13	26	39	52	65	78	18	37	55	73	92	110	26	53	79	105	132	158	38	75	113	151	188	226
1.0	13	26	40	53	66	79	19	37	56	75	93	112	27	54	81	108	135	162	39	78	117	156	195	234
1.2	13	27	40	53	67	80	19	38	57	76	95	114	28	55	83	111	138	166	40	80	120	160	200	240
1.4	14	27	41	55	68	82	19	39	58	77	97	116	28	57	85	113	142	170	41	82	124	165	206	247
1.6	14	28	42	55	69	83	20	40	60	79	99	119	29	58	87	116	145	174	42	84	127	169	211	253
1.8	14	29	43	57	72	86	20	41	61	81	102	122	30	60	90	119	149	179	43	86	130	173	216	259
2.0	15	29	44	58	73	87	21	41	62	83	103	124	30	61	91	121	152	182	44	88	133	177	221	265
2.2	15	30	45	59	74	89	21	42	64	85	106	127	31	62	93	124	155	186	45	90	136	181	226	271
2.4	15	30	45	60	75	90	22	43	65	86	108	129	32	63	95	127	158	190	46	92	138	184	230	276
2.6	15	31	46	61	77	92	22	44	66	87	109	131	32	65	97	129	162	194	47	94	141	187	234	281
2.8	16	31	47	62	78	93	22	45	67	89	112	134	33	66	99	131	164	197	48	96	144	191	239	287
3.0	16	32	48	63	79	95	23	46	69	91	114	137	34	67	101	134	168	201	49	97	146	195	243	292

Annexe 13 : Les principales étapes de traitement d'une eau d'alimentation.

Le traitement de l'eau a pour principal objet la suppression des causes d'altération de la qualité bactériologique de l'eau, entre son point de captage ou de traitement et les lieux de consommation. (Castany, 1982).



Etapes de traitement d'une eau. (Desjardins, 1990).

Ces étapes visent à éliminer ou à inactiver les agents pathogènes, ce qui constitue la meilleure façon de réduire le nombre de micro-organismes dans l'eau potable et constitue aussi une façon efficace de réduire le risque de maladie.

Annexe 14 : Traitements en fonction des caractéristiques bactériologiques des eaux brutes.

En recourant au traitement des eaux, on vise la production d'une eau potable à partir d'une eau brute plus ou moins polluée. Pour ce faire, on soumet cette eau brute à diverses étapes de traitements suggérées en fonction des caractéristiques bactériologiques des eaux brutes, comme l'indique le tableau suivant : (Desjardins, 1990).

La présence de N C T ou de NCF	Caractéristique bactériologique micros organismes par100 ml	Traitement suggéré
Dans plus de 10 % des échantillons	N C T > 5000	Pré-sédimentation ou près désinfection + coagulation + floculation + décantation + filtration + post désinfection
	N C F > 100 Où NCT > 1000	Coagulation + Floculation + décantation + filtration + désinfection
	10 < N C F < 100 Où 100 < NCT < 1000	Coagulation + Floculation + décantation + filtration suivie d'une désinfection ou d'un traitement équivalent approuvé par le l'organisme de contrôle
Dans plus de 5 % des échantillons	NCT > 10	Désinfection
Dans 1 échantillon	NCF > 0	Désinfection

NCT : nombre de coliformes totaux.

NCF : nombre de coliformes fécaux.

Annexe 15 : Milieux de culture : Plate Count Agar (PCA).

Composition type	(g/l)
Peptone de caséine	5
Extrait de levure	2.5
Glucose	1
Agar	18

Annexe 16: Milieux de culture : bouillons lactose au bromocresol pourpre. (1), (2)**(1) Milieu lactosé au bromocresol pourpre (BCPL) double concentration
(D/C)**

Extrait de viande de boeuf	6 g
Peptone	10 g
Lactose	10 g
Pourpre de bromocresol	0,06 g
Eau distillée	1000 ml
pH	6,7

Autoclavage : 20 mn à 120 °C**(2) Milieu lactosé au bromocresol pourpre (BCPL) simple concentration
(S/C)**

Extrait de viande de boeuf	3 g
Peptone	5 g
Lactose	5 g
Pourpre de bromocresol	0,03 g
Eau distillée	1000 ml
pH	6,7

Autoclavage : 20 mn à 120 °C

Annexe 17 : Milieux de culture : milieux indol – mannitol (Schubert).

Tryptophane	0,2 g
Acide glutamique	0,2 g
Sulfate de magnésium	0,7 g
Sulfate d'ammonium	0,4 g
Citrate de sodium	0,5 g
Chlorure de sodium	2 g
Tryptone oxoïd	10 g
Mannitol	7,5 g
Eau distillée	500 ml
Tampun phosphate :	
Eau distillée	500 ml
Phosphate monosodique	1,44 g
Phosphate disodique	9,21 g
pH	7,6

Autoclavage : 10 mn à 115 °C

Annexe 18 : Table de Mac Grady 3 tubes / dilution.

3 tubes de 10 ml	3 tubes de 1 ml	3 tubes de 0.1 ml	Nombre de germes dans de 100 ml
0	0	0	0
0	0	1	3
0	1	0	3
0	1	1	6
0	2	0	6
1	0	0	4
1	0	1	7
1	0	2	11
1	1	0	7
1	1	1	11
1	2	0	11
1	2	0	11
1	2	1	15

1	3	0	16
2	0	0	9
2	0	1	14
2	1	1	20
2	1	2	30
2	2	2	35
2	2	3	40
2	3	0	30
2	3	1	35
2	3	2	40
3	0	0	25
3	0	1	40
3	0	2	65
3	1	0	45
3	1	1	75
3	1	2	115
3	1	3	160
3	2	0	95
3	2	1	150
3	2	2	200
3	3	0	300
			250
3	3	1	450
3	3	2	1100
3	3	3	1400

Annexe 19 : Table de Mac Crady. (Rodier et al, 2009).

**Système d'ensemencement n° 1 : nombre le plus probable
et intervalle de confiance**

Nombre de tubes donnant une réaction positive sur			NPP dans 100 mL	Limites de confiance à 95 %	
3 tubes de 10 mL	3 tubes de 1 mL	3 tubes de 0,1 mL		Limite inférieure	Limite supérieure
0	0	1	3	< 0,5	9
0	1	0	3	< 0,5	13
1	0	0	4	< 0,5	20
1	0	1	7	1	21
1	1	0	7	1	23
1	1	1	11	3	36
1	2	0	11	3	36
2	0	0	9	1	36
2	0	1	14	3	37
2	1	0	15	3	44
2	1	1	20	7	89
2	2	0	21	4	47
2	2	1	28	10	149
3	0	0	23	4	120
3	0	1	39	7	130
3	0	2	64	15	379
3	1	0	43	7	210
3	1	1	75	14	230
3	1	2	120	30	380
3	2	0	93	15	380
3	2	1	150	30	440
3	2	2	210	35	470
3	3	0	240	36	1 300
3	3	1	460	71	2 400
3	3	2	1 100	150	4 800

Annexe 20 : (J. Off du 27 mai 1998).

	n – m - M
✓ Germes aérobies à 37° C/ML	1 - 20 - 200
✓ Coliforme à 37° C	1 - <10 - < 3.10 ²
✓ Coliforme fécaux /100 ML	absence
✓ Stréptocoque fécaux /50 ML	absence
✓ Clostrédium sulfito- réducteur 46 ° C / 20 ML	<5

m = seuil d'acceptabilité

M = seuil de toxicité

n = nombre d'unité qui compose l'échantillon.

Annexe 21 : Composition type du milieu Rothe glucose à l'azide de sodium. (Belkaid, 2002).

Rothe S/c	S/c	D/c
Peptone de caséine	20	40
Extrait de viande	1,5	3
Glycose	4	8
Chlorure de sodium	5	10
Phosphate dipotassique	2,7	5,4
Phosphate monopotassique	2,7	5,4
Acide de sodium	0,2	0,4

Annexe 22 : Composition type du milieu Litsky. (Belkaid, 2002). *de litsky (Eva Roth)

Composition type	(g/l)
Tryptone	20
Glucose	5
Phosphate dipotassique	2,7
Phosphate mono potassique	2,7
Chlorure de sodium	5
Acide de sodium	0,4
Éthyle violet	0.0083

Annexe 23 : Composition type du bouillon viande foie glucosé. (Belkaid, 2002).

Composition types (g/l)	BVF	GVF	VFSR
Base de viande foie	29.5	30	30
D.glucose	2	2	2
Chlorhydrate de cystéine	0.5	-	-
Amidon	-	-	2
Agar	-	8	20

Annexe 24 : Composition type du milieu sélénite acide de sodium. (Belkaid, 2002).

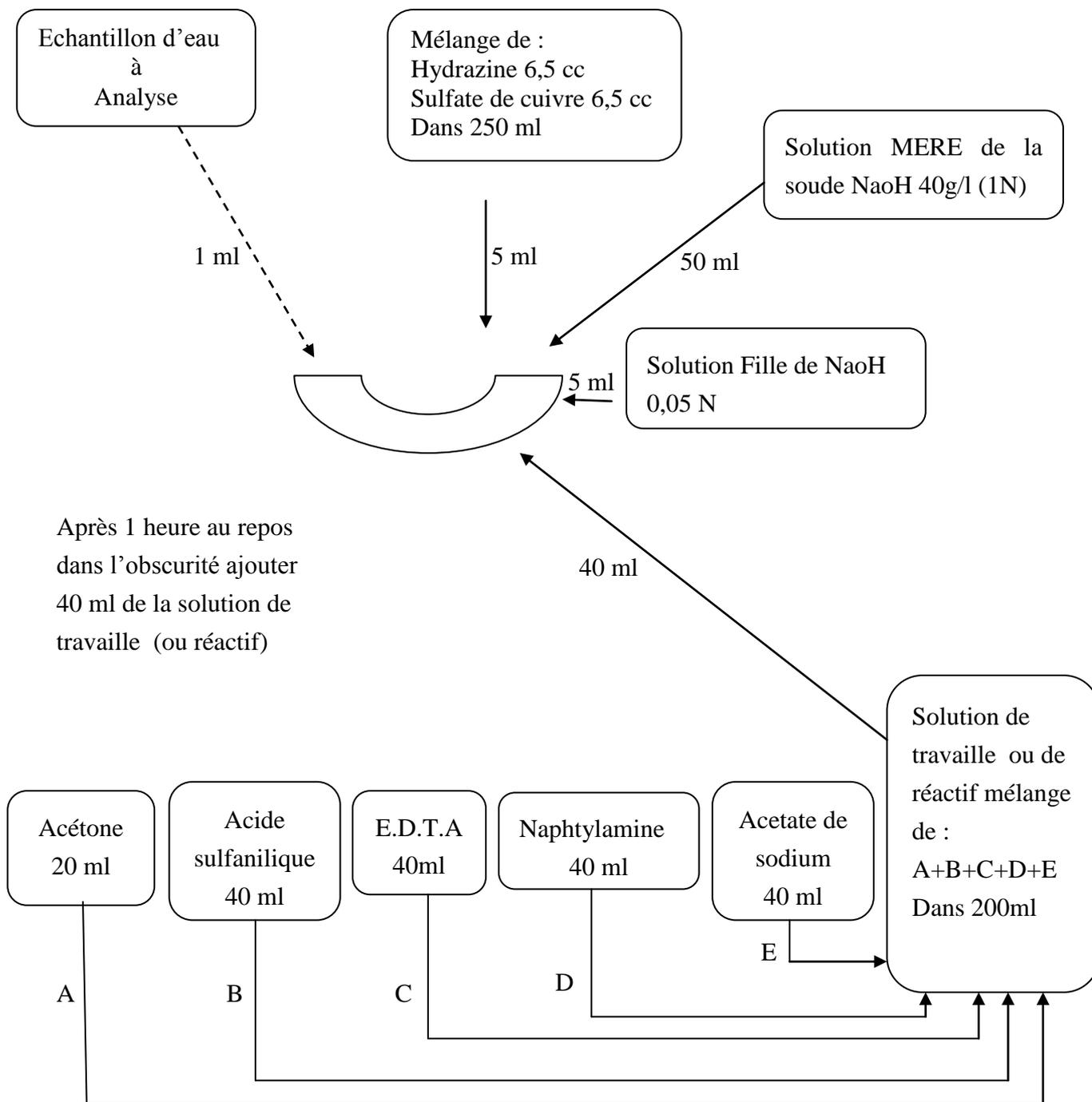
	S/C	S/C	Cys/c	Cys D /C
Peptone	5	10	5	10
Tryptone	5	10	5	10
Mannitol phosphate	4	8	4	8
Disodique	4	8	4	8
L.cystine	-	-	0.2	0.4

Annexe 25 : Composition type du milieu Hecktoen.

Peptone pepsique de viande	15
Extrait de viande	3
Extrait de levure	3
Lactose	12
Salicine	2
Saccharose	12
Chlorure de sodium	5
Sels biliaires	4
Bleu de Bromothymol	0.064
Fuchine acide	0.1
Agar	18

Annexe 26 : Caractères cultureux. (Belkaid, 2002 ; J. Joffin, 1993).

<u>Colonies</u>	<u>Microorganisme</u>
Vertes, humides, aplaties transparentes	Schigella
Bleu vert, avec ou sans centre noir	Salmonelle
Vertes à bleuâtres, aplaties bords irréguliers	Pseudomonas
Couleur Saumon, avec halo de précipitation	Coliformes

Annexe 27 : Dosage des nitrates NO_3^- 

Suite de L'annexe 27

Solution de Travail :

a) Mélange réducteur -Solution de sulfate de cuivre 25ml

-Solution d'hydrazine 25ml

-Eau q.s. p 1l

b) Mélange colorant (conserver en flacon brun)

-Acétone 10ml

-Solution d'acide sulfanilique 20ml

- Solution d'EDTA 20ml

- Solution d'acétate 20ml

- Solution d'-Naphtylamine 20ml

-Eau q.s.p 1

Ajouter L'Naphtylamine en dernier et après dilution pour éviter la formation d'un précipité blanc laiteux.

c) Solution de soude 0.05M.

Diluer 20 fois la solution de réserve 1M, soit 50ml par litre.

Mode opératoire

Dans un erlen de 100ml ou mieux dans un flacon en verre brun de 100ml introduire :

-Prise d'essai=1ml

-Solution de soude 0.05m=5m

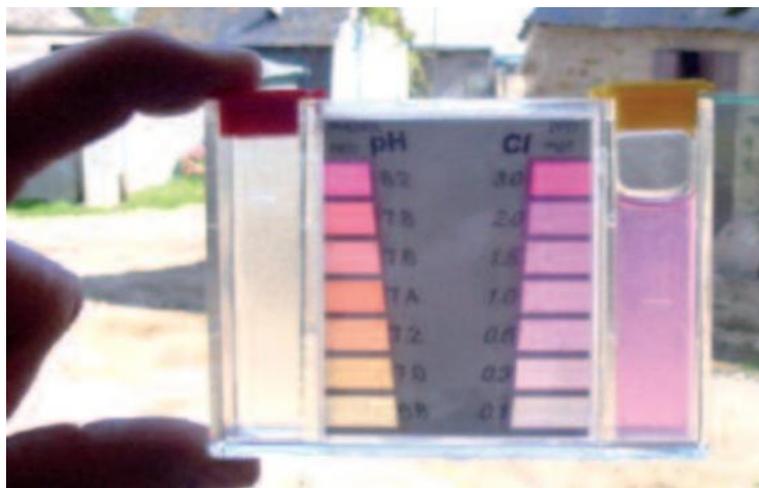
-Mélange réducteur=5ml

Mélange après chaque addition, et attendre 1heure avant d'ajouter :

-Mélange colorant=40ml

Laisser la coloration se développer dans l'obscurité pendant 1 /4 Heure. Mesurer sa densité au Colorimètre à520nm.

Solution de réserve= solution mère

Annexe 28 : Des tests rapides pour le chlore (DPD) et le pH

Annexe 29 : Principales maladies digestifs.

Principales maladies digestives				
	Qui ?	Quand ?	Comment ?	Pourquoi ?
Coccidiose	Protozoaire à multiplication intracellulaire → lésions de la paroi intestinale -Coccidiose duodénale : <i>Eimeria acervulina</i> -Coccidiose cœcale : <i>Eimeria tenella</i>	Dès l'âge de 3 semaines (cycle de développement de 3 semaines)	1. Diminution consommation d'eau et d'aliment 2. Attitude frileuse et prostrée ; plumes ébouriffées 3. Modification des fientes : -Coccidiose duodénale : molles à liquides avec présence de glaires -Coccidiose cœcale : quelques traces de sang à hémorragiques 4. Laboratoire : lésions à l'autopsie – observation du parasite au microscope	1. Immunité naturelle déficiente : -Maladies intercurrentes -Stress d'élevage 2. Hygiène générale du bâtiment (importance de la désinfection au vide sanitaire) 3. Résistance aux anticoccidiens de l'aliment
Autres parasitoses	Ascariodose : -Ascaridia : intestin grêle -Hétérakis : cæcum Capillariose Protozoaires (Histomonas) Flagellés	3 semaines à 1 mois après la sortie du bâtiment	1. Action spoliatrice : carences ; anémies ; amaigrissements 2. Action irritative de l'intestin : pénétration des larves dans la paroi intestinale → diarrhée 3. Très souvent : synergie avec les coccidies, voire avec histomonas 4. Diagnostic de laboratoire	1. Grande persistance des formes infestantes dans le milieu extérieur. Terres humides ; parcours surexploités : prévoir drainages et traitements du sol au cours des vides sanitaires (cyanamide calcique ; sulfates de fer ou de cuivre) 2. Déficience des systèmes de défenses immunitaires ou non spécifiques.
Entérite nécrotique	<i>Clostridium perfringens</i> : bactérie capable de résister très longtemps dans le milieu extérieur par sa forme de résistance : la spore Hôte normal de l'intestin	1. de 10 à 35 jours 2. souvent en fin d'engrais (juste avant abattage)	Mortalité brutale et explosive (5 à 10 %), sur les sujets les plus beaux Prostration ; diarrhée ; litière humide ; augmentation consommation d'eau et perte d'appétit Laboratoire : -Lésions d'entérite : dégradation importante de la muqueuse et contenu digestif -Lésions de toxémie : congestion généralisée avec putréfaction rapide -Fermentations cœcales très importantes.	1. Association de malfaiteurs avec coccidiose : lésions intestinales favorisantes 2. Ralentissement du transit : stress thermique ; apport de grit insuffisant ; forte ingestion de fibres 3. Forte pression microbienne dans le milieu (sol = réservoir de spores ; biofilm des canalisations)
Entérites non spécifiques	Dérèglement de la flore intestinale au profit de germes colibacillaires et/ou anaérobies Origine mal connue (intervention de virus ?)	De 1 jour à l'abattage	-Attitude frileuse -Litière humide -Modification des fientes -Laboratoire : contenu intestinal et cœcal liquide	1. Eau non potable 2. Facteurs climatiques 3. Stress alimentaires

Le maintien d'une bonne hygiène digestive

- Eau potable :
chloration éventuelle (surtout en été) ;
hygiène des circuits d'abreuvement
- Gestion du parasitisme
et des conditions de vie
- Apport de grit :
effet stimulant du transit
- Acidification : de préférence avec des acides organiques +/- peroxydes (plus souples d'emploi que les acides minéraux)
- Enzymes digestives
- Probiotiques et Prébiotiques
- Argiles
- Huiles essentielles.

Annexe 30 : Pour maîtriser votre eau.

Points de contrôle

Pour maîtriser la consommation d'eau en Aviculture

Chaque jour

Vérifier l'état de la litière.

Des croûtes sur la litière peuvent être signe de dysfonctionnement du matériel d'abreuvement. Une vérification des abreuvoirs ou pipettes s'impose. Si seuls quelques-un(e)s fuient, un problème de nettoyage du matériel ou une pièce à changer en est sûrement la cause. Si la majorité des abreuvoirs fuient, les paramètres de pression sont peut-être trop élevés.

Noter les consommations d'eau

La consommation doit être notée à la même heure tous les jours pour éviter les fluctuations liées aux pics de consommation.

En rapprochant la consommation d'eau, le poids et le GMQ des animaux grâce à des abaques, il est possible d'évaluer rapidement leurs performances. Les variations de consommation observées peuvent être le reflet de problèmes au niveau des animaux (alimentation, maladies digestives) ou du matériel (fuite). Cela peut également être signe de stress dû à la chaleur ou à un mauvais dosage d'un produit (dose trop élevée de chlore par exemple).

Ajuster la hauteur des pipettes

Il faut observer l'inclinaison prise par la tête des animaux lors de l'abreuvement. Les poussins doivent boire avec un angle de 45° environ. Lorsque les animaux grandissent, la hauteur de la ligne de pipette augmente et l'angle se rapproche donc de 50 à 55°. Une hauteur de pipette trop importante diminue la consommation des oiseaux alors qu'une hauteur trop basse peut entraîner des gaspillages.

Vérifier la pression de l'eau

La pression de l'eau doit être faible au démarrage et augmenter progressivement au cours du lot. Une pression trop haute durant le démarrage peut conduire à une diminution des consommations d'eau, car les animaux n'arrivent pas à appuyer sur la pipette. Une trop faible pression peut inversement entraîner des fuites et des litières humides.

Chaque semaine

Vérifier l'état des filtres

Vérifier chaque semaine si le filtre a besoin d'être nettoyé ou remplacé. Les sédiments et autres particules peuvent entraîner des fuites d'eau qui vont dégrader l'état des litières. Des filtres obstrués restreignent le débit d'eau dans les systèmes d'abreuvement et de refroidissement. Pour des eaux concentrées en fer, les systèmes de filtres à cartouche peuvent ne pas être suffisants. Il faut alors considérer d'autres moyens de traitement de l'eau. Ceux-ci doivent être choisis en fonction des analyses d'eau à l'arrivée au SAS.

Observer le tube du niveau d'eau

Il faut régulièrement faire attention au niveau d'eau ; des débris et des poussières peuvent entrer et gêner l'observation la balle.

Calculer la consommation d'eau hebdomadaire

En plus de la consommation journalière, calculer la consommation d'eau de la semaine peut être intéressant pour comparer aux précédents lots. Cela donne un premier aperçu de la performance du lot en cours.

Chaque vide sanitaire

Examiner le système d'abreuvement complet

Lors du vide, en plus du nettoyage correct du circuit d'eau, il faut vérifier le bon fonctionnement du matériel d'abreuvement et de traitement de l'eau de boisson.

Régulièrement

Réaliser des analyses de l'eau de boisson

En bout de ligne et au SAS pour s'assurer d'une bonne qualité d'eau homogène dans le bâtiment, et tout au long du lot. Si un traitement existe il s'agit aussi de contrôler son efficacité.

Annexe 31 : Balance électronique à plate forme.



Photo source personnelle

Annexe 32 : Peson dynamométrique de poulets de chair.

Annexe 33 : Nettoyage pendant le vide sanitaire.

- Nettoyage du petit matériel en cours de lot (par exemple matériel démarrage)

- Désinsectiser (produit adulticide contre ténébrions)

- Vidanger les silos

- Ramasser et stocker au froid les cadavres de volailles (contacter l'équarrissage, laver et désinfecter le bac d'équarrissage et le congélateur)

- Démontez et sortez le matériel amovible (stocker sur une aire bétonnée propre, laver, rincer, désinfecter et stocker à l'abri)



- Rendre accessible au lavage les points du bâtiment les plus difficiles d'accès (lanterneau, caissons de ventilation...)

- Nettoyer, désinfecter, vidanger le bac et le circuit d'eau (dégraissage - rinçage, détartrage - rinçage, désinfection)

- Prélaver (pour dépeussier) et tremper le bâtiment

- Evacuer le fumier

- Entretenir les abords (couper la végétation, enlever le matériel qui pourrait s'y trouver)

- Laver le bâtiment du haut vers le bas

- Nettoyer, laver et désinfecter le sas sanitaire (plafond, murs, soubassements, tenues) ☞

- Laver et désinfecter les véhicules

- S'assurer de la qualité du nettoyage

- Désinfecter l'intérieur du bâtiment

- Désinfecter les abords

- Désinfecter les silos

- Placer des appâts de dératisation

- Mettre la litière en place

- Pulvériser un insecticide larvicide sur la litière

- Mettre en place le matériel amovible et de démarrage

- Chauffer le bâtiment avant arrivée des poussins

- Désinfecter par thermonébulisation

- Vérifier la qualité de l'eau

- Rincer le matériel avec une eau de bonne qualité (éliminer le désinfectant de la thermo)

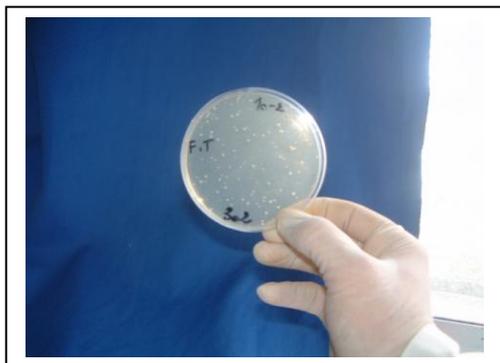
- S'assurer de l'efficacité de la décontamination avant réception

Annexe 34 : Un retard dans la croissance est observé pour le sujet témoin à droite avec un gain de poids moyen est observé pour le sujet expérimental à gauche durant l'élevage.



Photo source personnelle

Annexe 35 : Technique de recherche des indicateurs de pollution bactériologique.



Le dénombrement des germes de la flore totale



Ensemencement avec une anse de platine en surface



Colimétrie : tube de BCPL positif



Interprétation des résultats



Fermentation du lactose avec acidification du milieu
(Lacté + = E.Coli)





On met quelques gouttes du réactif Kovac (test confirmatif)



La manipulation auprès du Bec Bunsèn



Tubes d'H₂O peptonnée, présence d'E.Coli



*Références
Bibliographiques*

1. **Acha P.N et Szyfres.B, (1989).**
Compylobacterje juni p39-42 ; zoonoses et maladie transmissibles communes à l'homme et aux animaux, 2ème édition : office international des épizooties.
2. **AFSSA. (2005).**
French Agency for Food Safety 13th legislature 01.01.2006.
3. **Arz C. (1981).**
Evolution de la résistance au chlore d'Escherichia Coli au cours de chlorations successives, thèse Pharma Nancy, France
4. **Agence Française de sécurité Sanitaire des Aliments. (AFSSA), (2002) a.**
Salmonella spp fiche sécurité alimentaire d'un micro-organisme, <http://www.afssa.fr> 06/2002.
5. **Anselme C, Chevalier M.R, Mazounie P, Mallevalle J, (1992).**
Applications industrielles de l'ultrafiltration pour la production d'eau potable. Bilan de fonctionnement des installations. Perspectives d'évolution, TSM l'eau, 87, 9, pp403-409.
6. **Andrew A. Olkowski, ph. D, (2009).**
La qualité de l'eau d'abreuvement du bétail. Guide de terrain relatif à la volaille, p 25-28.
7. **Angulo, F.J, Tippen, S, Sharp, D.J, Payne, B.J, Collier, C, Hill, J.E, Barret, T.J, Clark, R.M, GGedreic h.E.E, Donnell H.D, Swerdlow, D.L, (1997).**
Community waterborne outbreak of Salmonellosis and the effectiveness of boil water order. American journal of public health, 87(4):580-584.
8. **Archambult J, Curot J, Mac-Crady M. H, (1937).**
The need of uniformity of conditions for counting plates (with suggestions for a standard colony counter). Amer. J. Publ. Health, 27, p. 809.
9. **Arvanitidou, M, Tsakris, A, Constantinidis, T.C, et Katsouyannopoulos, V.C, (1997).**
Transferable antibiotic resistance among salmonella strains isolated from surface waters water research, 31(5):1112-1116.
10. **Buttiaux, R. (1951).**
L'analyse bactériologique des eaux de consommation. Éd .Médicales, Flammarion
11. **Balloy, D. (2003).**
Pathologies digestives des volailles, 5èmes Journées de la recherche Avicole, p277-280
12. **Bouvarel I, Chevalier, D. Chatenet, X. (2005).**
The quality of water in poultry, an increase of non-specific digestive disorders in turkey farms. 53: p4-11 scientific and technical review.

13. **Block, J C. (1982).**
Mécanismes d'inactivation des microorganismes par les oxydants, T.S.M l'eau 77, 11, p521- 524.
14. **Bidaud.O,Chevalier D,Bourdette C,Travel A,Cnapelynck S,Chauvin C,Bouvarel I, (2003-2005).** Health practices and expenses in broiler turkey farms. Scientific and Technical review. p 30- 33.
15. **Brugère – picoux.J et Silim .A, (1992).**
Clostridioses aviaires p : 257-258, in manuel de pathologie aviaire. Edition : Maison Alfort.
16. **Bourgeois C.M et Mescle J.F et Zucca.J, (1996) a.**
Eau de consommation P : 253-259, in microbiologie alimentaire, tome 1. Edition technique et documentation agro-alimentaires
17. **Bourgeois C.M et Mescle J.F et Zucca.J, (1996) b.**
Survie et croissance en milieu hydrique p : 264-269. In microbiologie alimentaire, tome 1. Edition : Technique et documentation agro-alimentaires.
18. **Beaudry J-P, (1984).**
Disinfection of water, p105-113. Edition: house Al Fort.
19. **Butzler J.P and Oosterom, (1991).**
Campylobacter pathogenicity and significance in foods, Int.J. Food microbiologie, 12 p: 1-8
20. **Berche P, Gaillard J.L et Simon M, (1988).**
Les entérites P : 100-102, in bactériologie. Edition : Flammarion médecine –science.
21. **Berche P, (1988).**
Le conflit hôte-bactérie. In : Bactériologie. Les bactéries des infections humaines. Flammarion médecine, Paris, 9-34.
22. **Benezech. C, (1958).**
Physico-chimie biologique et médicale, in introduction à l'étude des eaux douces, 1983, P: 7, édition: CEBEDOC S.P.R.L. Liège.
23. **Bontoux J, (1983).**
Eaux de boisson, P 42-51, introduction a l'étude des eaux douces. Edition: Cebedocs.P.R.l. Liège.
24. **Belkaid M, (2002).**
Catalogue milieux des cultures
25. **Bouziani M, (2000).**
De la pénurie aux maladies. La désinfection de l'eau de boisson, p155-171. Edition Ibn Khaldoun.

26. **Bouzouaia M, (1992).**
Abreuvement. Densité p 59, zootechnie aviaire en pays chaud
in manuel de pathologie aviaire. Edition : Maison Alfort.
27. **Bisimw.C, (1991).**
La protection sanitaire en élevage de volaille .Actes de séminaires atelier du panvac.
28. **Beker A, Teeter R, G,(1994).**
Drinking water and potassium chloride supplementation effects on broiler body
emperature and performance during heat stress. Journal of applied poultry reseache p87-92.
29. **Borges S.A, Fischer da silva ,A,v ,Ariki J,Hooge ,D ,M ,Cummings K,R,(2003).**
Dietary electrolyte balance for broiler chickens under moderately high
ambient temperatures and relative humidities.Poultry science 82: p 301-308.
30. **Benarde M.A, Brewster Snow w, Olivieri V.P,Davidson B,(1967).**
Kinetics and mechanism of bacterial disinfection by chlorine dioxyde, appl. Microbiol,
15, 2, p257- 265.
31. **Berman D et Hoff I.C, (1984).**
Inactivation of simian rotavirus by chlorine,chlorine dioxide, and monochloramine,
appl.Envir.Microbiol,48,2,pp317-323.
32. **Bates R.G, (1978).**
Concept and determination of pH, treatise on analytical chemistry. Partly, vol 1, p821.
Wiley-interscience, New-York.
33. **Bauer .R, Philips B.F, Rupe C.O, (1972).**
A simple test of estimating free chlorine analytical chemistry.
34. **Bernhardt H et Liesen H.U, (1988).**
Microbiological contamination of drinking water distribution system due to anticorrosion
treatment with a bituminous coating,GWF-Wasser/Abwasser 129, 1, pp246-250
35. **Beerens H. , Caster M. M, Leclerc H, (1961).**
Contribution à l'étude des milieux au sulfite de sodium pour l'isolement des *Clostridium*.
Ann. Inst. Pasteur Lille, 12, p. 183.
36. **Beerens H., Muchemble G. , Papavasilou J,(1956).**
Étude systématique des bactéries anaérobies sporulées et sulfito-réductrices isolées
de 273 échantillons d'eaux de consommation. Ann.Inst. Pasteur Lille, 8, p. 150.
37. **Buttiaux, Samaille J, Pierens, Y, (1956).**
L'identification des Escherichia coli des eaux. Test d'eijkman et production d'indol à 44 °C.
Test Imvic. Ann. Inst. Pasteur Lille, 8, p. 137.

38. **Bousseboua H, (2003).**
Microbiologie générale, biologie médecine, pharmacie, chirurgie dentaire science vétérinaires, science alimentaires, agronomie, p172-173-204-205-206-207-208-209.
39. **Briandet R, Fechner L, Naitali M, Dreanno C, (2012).**
Biofilm, quand les microbes s'organisent p 96-97-98-100, édition Quae7.
40. **Baudart, J, Lemarchand .K, Brisabois, A et Lebaron. P , (2000).**
Diversity of salmonella strains isolated from the aquatic environment as determined by serotyping and amplification of the ribosomal DNA spacer regions. applied and environmental microbiology, 18(1):46-50.
41. **Balbus, J.M. and Embrey M.A, (2002).**
Risk Factors for Waterborne Enteric Infections. Current Opinion in Gastroenterology, 18(1):46-50.
42. **Bridgman, S.A, Robertson, R.M.P, Syed. Q, Speed N, Andrew. N and Hunter P.R, (1995).**
Outbreak of cryptosporidiosis associated with a disinfected ground water. Supply. Epidemiology and infection, 115(3):555-566.
43. **Chick H, (1908).**
An investigation of the laws of disinfection, J. Hyg, 8, pp92-158.
44. **Calvert CHurn C et Bates R.C, Boardman G.D, (1983).**
Mechanism of chlorine inactivation of DNA-containing parvovirus H-1, Appl. Environ. Microbiol., 46, 6, p1394-1402.
45. **Cronholm L.S, McCammon J.R, Fleischman M, (1976).**
Enteric virus survival in package plants and the upgrading of the small treatment plants using ozone, Res. Rep. n°98 water sources res. Instit. univ. of Kentucky, Lexington, ky, USA.
46. **Clark R.M, Read E.J, Hoff, J.C, (1989).**
Analysis of inactivation of giardia by chlorine, J. Environ. Engng, 115, 1, pp80-90.
47. **Cabelli V.J, (1977).**
Clostridium perfringens as a water quality indicator, in: Bacterial indicators /health hazards associated with Water. pp66-79.
48. **Cleva D, (2006).**
Eau d'abreuvement en production avicole, 37 diaporamas.
49. **Chatillon G, (1999).**
La qualité de l'eau. Porc magazine, 320 : p 64-71.
50. **Chaveerach P, D, A, Kenzenkamp, JA , Lipman, Vanknapen F, (2004).**
Effect of organic acids in drinking water for young broilers on campylobacter infection poultry science, 83:p330-334.

51. **Cramer W.N, Kawata K, Kruse C.W, (1976).**
Chlorination and iodination of poliovirus, W.P.C.F, 48, p61-76.
52. **Carpentier .B ET Cerf .O,(1993).**
Biofilms and their consequence with Particular reference to hygiene.In food industry
Journal of applied bacteriology, 75, P: 499-511.
53. **Costerton J.W et Cheng K.J, Geesey G.G, (1987).**
Aacterial biofilms in nature and disease. Ann, Rev, Microbiology, 41, P: 435-461
54. **Chapman P.A, Siddons C.A, CerdanMalo A.T et Harkin M.A, (1997).**
Présence L'E -Coli 0 157 : H7 dans l'eau : Un problème en santé publique .In Revue
Médicale, vétérinaire, 2002, 153, 4, 235,242.
55. **Castany G,(1982).**
Les foyers de pollution P : 225.In Pollution de l'eau souterraine. Edition: Dunod université.
56. **Characklis W.G, Trulear M.G,Stathopoulos N,Chang L.C,(1979).**
Oxidation and Destruction of Microbial Biofilm,In:Water Chlorination:Environmental
Impact and Health Effets,Ann Arbor,Mich,U.S.A,vol3,pp349-368.
57. **Chen. Z ET Adams M.A, (1998).**
A metallic Cobalt electrode for the indirect potentiometric determination of calcium and
magnesium in natural waters using flow injection analysis Talanta.
58. **Dezat E, (2013).**
The water in poultry: p42-43. Scientific and technical review.
59. **Dibner J.J,Kitchell M.L,Atwell C.A ,Ivey F,J,(1996).**
The effect of dietary ingredients and age on the microscopic structure of the
gastrointestinal tract in poultry. Journal of applied poultry Research, 5, p70-77.
60. **Dye M et Mead G.S, (1972).**
The Effect of chlorine on the Viability of Clostridia Spores, J.Fd Technol, 7, p173-181.
61. **Drouin.RetToux J.Y, (2000).**
Cleaning and disinfection, p40-47. Scientific and technical review.
62. **Drouin P,(1988).**
La désinfection des poulaillers P : 617-624.L'aviculture française. Edition : Rosset.
63. **Desjardins R.(1990) .**
Qualités générales des eaux P : 3-6.Traitement des eaux, 2ème édition : de l'école
polytechnique de Montréal.

64. **Daghir Nuhad J, (2003).**
Water réequipements p1-7.
65. **Delattre J. M. , Oger, (1992).**
Le prélèvement d'eau pour analyse microbiologique. Guide pour l'échantillonnage des eaux. Réseau national d'Essais, document n° 23, août 1992.
66. **Dmaul A, Vagost D, Block J.R,(1989).**
Strategies d'échantillonnage pour analyse Microbiologique sur réseaux de distribution d'eau, Tech et doc Lavoisier éd. Paris, France.
67. **Dowd, S.E ET Pillai, S. D, (1997).**
Survival and transport of selected bacterial pathogens and indicators viruses under sandy aquifer conditions. J. Environ, sci, health, a32 (8), p: 2245-2258.
68. **Dean D.M and Foran .M.E, (1991).**
The effet of farm liquid waste application on receiving water quality. Dans un travail effectué pour évaluer la pression hygiénique de la production animale dans les régions rurales, Canada.
69. **Dinh Nan Lam, M. Carles, A.Tripodi, J.Brugère–Picoux et G. Bodin,(2000).**
Etude bactériologique des infections par le genre salmonella chez, le canard dans la province de Can Tho. (Viet Nam). Revue : Méd. Viet, 2000. P : 151, 10, 955, 964.
70. **Dorios J, M et Robert M, CHenuc,(1993).**
The role of roots, fungi, bacteria onclay particle organization. An experimental approach. Geoderma. 56, p179-194.
71. **DennerlyGaëlle, Elodie Dezat, Claude A, (2012).**
L'eau en élevage avicole : une consommation maîtrisée. Itavi, p 3-9.
72. **Duguet J.P,(1981).**
Contribution à l'étude du traitement par l'ozone des eaux résiduaires, thèse n°18, I.N.S.A, Toulouse, France.
73. **Desrosiers, A.Fairbrother, J. M.Johson,R.P.Desautels,C.Letellier,AandQuessy,S,(2001).**
phenotypic and Genotypic Characterzation of Escherichia Coli Verotoxin-Producing Isolates from humans and pigs. Journal of food Protection, 64 (12):1904 -1911.
74. **EarnhardtK.B,(1980).**
Chlorine resistant coliform; the muncie, indiana, experience rc awwaw qtc. Miami beach, fla, USA.

75. **Feddes J.J.R, E.J. Emmanuel et M.J, Zuldhoof, (2002).**
Broiler performance, bodyweight variance, feed and water intake, and carcass quality at different stoking densities. *Poultry Science* 81; 774-779.
76. **Fasquelle R, (1974).**
In éléments de bactériologie médicale. Edition : Flammarion médecine science.
77. **Foulon F, (2005).**
Une nouvelle alternative contre les biofilms hydrique, filières avicoles, 681: 65-67.
78. **Fauris C, Danglot C, Vilagines R, (1986).**
Inactivation of viruses by disinfection methods, iwsa-aide, atelier internat. Désinfect. Eau, Mulhouse, France, p 9-31.
79. **Fontaine M, (1992).**
Hygiène générale en aviculture p : 788-790 in Vade-Mecum du vétérinaire. XV^{ème} Edition Volume 2. Office des Publications Universitaires Alger.
80. **Fontaine M, Cadore J-L, (1995).**
Dérivés minéraux et organo-minéraux p : 306-307 in Vade-Mecum 16^{ème} Edition, Vigot.
81. **Gibbens J.C, Pascoe S.J.S, Evans S.J, Davies R.H et Sayers A.R, (2001).**
Atrial of Biosecurity as a means to control campylobacter infection of broiler chickens. *Veterinary Prevalence* 48, p85-99
82. **Guérin J. L et Balloy D, Villate. D, (2011).**
Maladies des volailles, 3^{ème} édition. Page 182 – 190
83. **Ganjous D, (1999).**
Les streptocoques P : 119, In la pollution des milieux aquatiques, aide mémoire.
Les entérobactéries P : 120-122. 2^{ème} Edition Tec et doc-paris.
84. **Grandjean D, (2004).**
Survie d'Escherichia-Coli dans les eaux potables. Thèse de doctorat.
85. **Gabriel I, Mallet S, Sibille P, (2005).**
La microflore digestive des volailles. INRA production animales.
86. **Gds Des Cotes D'Armor, (2002).**
Etude de la variation des paramètres physico-chimique et microbiologique de l'eau dans les circuits de distribution en élevage de volailles et influence des moyens de traitements. Bulletin. N°47, 23p
87. **Guezlane-Tebibel.N, Kahlouche.B, Athmani-Guemouri.S, (2008).**
Microbiologie (Travaux Pratiques) office des publications universitaires, p 54-55.

88. **Gélinas,P,(1995).**
Répertoire des microorganismes pathogènes transmis par les aliments, 211 pages.
Edition : la fondation des gouverneurs et edisem B.P.295, 2475 sylva clapin,
saint-hyacin the qc. Canada J2S7 B6.
89. **Harant .H, (1953).**
Les germes et leur virulence .P : 18-26 in les épidémies, 1^{ère} édition. Edition : technique
et documentation –lavoisier. France.
90. **Hoerr F.J, (1998).**
Pathogenesis of enteric diseases, science, 77, 8, 1150-1555
91. **Haslay.C et leclerc. H, (1993).**
Les indicateurs P88-89, in microbiologie des eaux d'alimentation.
Edition : technique et documentation -lavoisie.
92. **Hibler C.B, Hancock C,Perger I ,Wegrzym J , Swabby k , (1988).**
Inactivation of giardia cysts with chlorine. Rept. Awwa res. Foundat,
denver, co, USA, 40 pp.
93. **Hauchman F.S, Noss C.I, Olivieri V.P, (1986).**
Chlorine dioxide reactivity with nucleic acids, waters, 20, 3, p357-361.
94. **Hoff J.C, (1987).**
Strengths and weakness of using C.T values to evaluate disinfection practice, proc. Jawwa
seminar, denver, co, USA, pp 49-65.
95. **Hack D.J, (1985).**
State Regulation of chloramination, Jawwa, 77, 1, pp46-49.
96. **Haas C.N, et Engelbrecht R.S, (1980).**
Physiological alterations of vegetatives microorganisms resulting from
chlorination, J.W.P.C.F.52, 7, p1976-1989.
97. **HaudidierK,PaquinJ.I,FrancaisT,HartemannP,GrabinG,ColinF,JourdinM.J,
BlockJ.C, CheronJ, PascalO, LeviY, MiazgaJ, (1988).**
Biofilm growthin drinking water network : a preliminary industrial pilot, plant
experiment wat. Sci. Technol, 3,3pp268-271.
98. **Hoskins J. K, (1933).**
The most probable number of E. coli in water analysis.J.Amer.Water works ass.25, p. 867.
99. **Hedberg,C.W and Osterholm M.T,(1993).**
Outbreaks of food-borne and waterborne viral gastroenteritis. Clinical microbiology
reviews, 6(3):199-210.

- 100. Hafliger,D,Hubner. and Luthy J,(2000).**
Outbreak of viral gastroenteritis due to sewage contaminated drinking water.
International Journal of Food Microbiology, 54:123-126.
- 101. Itavi,(2001).**
The quality of water has direct impact on poultry health, scientific and technical review
p8-11.
- 102. Itavi, (2004).**
L'eau en exploitation avicole, 2004, 1086, p10-11. Scientific and technical review
- 103. Itavi, (2006).**
Poultry raising and digestive disease of turkey chick. Edition : science and technology in
animal products.
- 104. Itavi, (2007).**
Eau de boisson en élevage avicole un levier majeur de réussite .Institut technique de
l'aviculture et de l'élevage des petits animaux.
- 105. Itavi, (2010).**
Eau de boisson en élevage cunicole, p1-14. Institut technique de l'aviculture et de
l'élevage des petits animaux.
- 106. Jobin R et Ghosh M .M,(1972).**
Effect of buffer intensity and organic matter on the oxygenation of ferrous
ion, Jawwa, 64, 9, pp590-595.
- 107. Jacangelo J.G,Laine J.M,Carns k.E ,Cummings E,Mallevalle J,(1991).**
Low-pressure membrane filtration for removing giardia and microbial
indicators, Jawwa, 83, 9, pp 97-106.
- 108. Joffin C et Joffin N.J, (1999).**
Eau bactériologique ment non conforme, p : 88-89-117-185. Biologie technique.
microbiologie alimentaire. 5^{ème} Edition.
- 109. Jacquet M, (2007).**
Le biofilm., guide pour l'installation en production avicole, p2
- 110. Jacotot B et Le parco J.cl, (1992).**
Eau p : 2, 3, 4, 5, nutrition et alimentation.
- 111. Köster W.(2006).**
Les agents pathogènes dans l'eau potable p : 26-28.In microbiologie de l'environnement
et éco toxicologie moléculaire de la l'eawag .news.

112. **Keck.G,(1995).**
Quality of breeding water and hygienic of the food chain *vétérinary review* 146, 12,
p 815- 820.
113. **Lemenec. M, (1993 b).**
Définition et gestion de l'alimentation dans les bâtiments avicoles P : 27-39 In revue
Scientifique des professionnels de l'aviculture.
114. **Lemenec. M, (1993).**
Coût et intérêt de la rénovation p : 40-41.In revue scientifique des professionnels de
l'aviculture.
115. **Larbier et Leclerc .Q B, (1992 a).**
Diarrhées Aviaires P : 53-61, Nutrition et Alimentation des Volailles. Edition : INRA, paris.
116. **Larbier et Leclerc.QB,(1992 b).**
Eau p : 115-122.Nutrition et alimentation des volailles. Edition : INRA- Paris.
117. **Leduc .M et Repérant J.M, (2003).**
L'eau, vecteur potentiel des coccidies du poulet. Filières avicoles, 658 : p52-53.
118. **Larpent J.P, (1997).**
Enterobacteriaceae p:133-147. In microbiologie alimentaire. Edition : technique et
documentation.
119. **Le Cozler Y, (1999).**
L'eau gazeuse pour les poulets .Réussir aviculture49 p44-46.
120. **Le Douarin P, (1999 a).**
Il y a chlore réussir aviculture 49 p47.
121. **Le Boucher G, (2004).**
Dinde : les abreuvoirs à godets donnent de meilleurs résultats. Filières avicoles, 668 :110-111.
122. **Le Douarin P, (2005).**
Doseuses : plusieurs modèles pour plusieurs fonctions, réussir aviculture, 106 :14-17.
123. **Le Douarin P, (1999 e).**
Prenez soin de votre eau. Réussir aviculture, 49 : p14-15
124. **Leclerc H, (1990).**
Indicateurs bactériens et contrôle de qualité des eaux naturelles, rivista italiana
d'igiène, 5-6 p, 311-342.

- 125. Leclerc H, Gavin F, Oger C, (1981).**
Les indicateurs bactériens dans le contrôle bactériologique de l'eau : exigences et limites, 12, 35, p213-228.
- 126. Leclerc H, (1977).**
Les microorganismes pathogènes dans les milieux naturels : évolutions signification. In l'eau, la recherche, l'environnement, P : 35-50, n°8. Edition : doin
- 127. Leclerc H, Gavin F, Izard D, Trinel P.A, (1983).**
Les coliformes : in : les bacilles à gram négatif d'intérêt médical et en santé publique, Paris, p597-619.
- 128. Leclerc H et Izard D, Husson M.O, Watter P, Jakubczak E, (1983).**
Cholérine p272-274.
- 129. Leclerc .H ; Mossel Dah, (1989).**
Les principales étapes du traitement p: 263-369 d'une eau d'alimentation. In microbiologie du tube digestif eau aliment. Edition : doin.
- 130. Leclerc H, Buttiaux R. (1961).**
Survie des streptocoques fécaux dans les échantillons d'eaux stockées à + 4 °C, ann. Inst. Pasteur, Lille, 12, p. 211.
- 131. Lechevallier M.W, (1990).**
Coliform regrowth in drinking water: A review ,Jawwa,82,11,pp74-86.
- 132. Lechevallier M.W, Hassenauer T.S ,Camper A.K ,Mcfeters G.A, (1984).**
Disinfection of bacteria attached to granular activated carbon, appl. Envir. Microbiol, 48,5pp 918-923.
- 133. Lechevallier M.W, Cawthon C.D, Lee R.G, (1988).**
Inactivation of biofilm bacteria, appl. Envir , microbiol, 54, 10 pp 2492-2499.
- 134. Lechevallier M.W, Lowry C.D, Lee R.G, (1990).**
Disinfecting biofilms in a model distribution system, Jawwa, 82,7, pp.87-99.
- 135. Lechevallier m.w , Becker w.c, Schorr P, Lee R.G ,(1992).**
A.O.C. Reduction by biologically active filtration, rev. SC I, eau, 5, pp113-14 2.
- 136. Levi Y et Joret J.C, (1990).**
Importance of bio eliminable dissolved organic carbon control in strategies maintaining the quality of drinking water during distribution, proc. Jawwa wotc. San Diago, ca, USA.

- 137. Langlais B, Bablon G, (1990).**
Les différentes Applications de l'ozone et techniques Associées en traitement de l'eau : un moyen pour Répondre aux normes de potabilité, SCI.Techn.Eau23, 1, p33- 41
- 138. Langlais B, Reckhow D.A, Brink, D.R, (1991).**
Ozone in water treatment (Jawwa res fondat et compagnie générale des eaux Eds). Lewis publishes, Chelsea, Mich, USA.
- 139. LoWther E, Det Moser R.H, (1984).**
Detecting and eliminating coliform regrowth, proc. Jawwa wqtc, Denver, CO, USA.
- 140. Langelier W.F, (1946).**
Effet of temperature on the pH naturel waters Jawwa 38, p179.
- 141. Labonde J, Festy B, (1979).**
Bilan d'une recherché systématique de pseudomonas aeruginosa dans les eaux de consommation. Rev inst, pasteur (lyon) 12,507-517.
- 142. Lightfoot N.F et Maier E.A, (2002).**
Analyse Microbiomlogique des aliments et de l'eau, p160.
- 143. Laferrière, M. Minville J.J, Lavoie. J et Payment. P, (1996).**
Les risques reliés à la santé humaine. Bulletin d'information en santé environnementale, 7(2):1-4.
- 144. Mouchet P, (1990).**
L'expérience Français en déferrisation et démagnétisation des eaux souterraines. Problèmes posés par les procédés classiques, développement des procédés biologiques, France, 31p.
- 145. Mouchet P, (1982).**
Réflexions complémentaires sur l'importance des phénomènes biologiques dans le traitement et la distribution des eaux de consommation techno eau assaini, 424, 4, pp, 7-25.
- 146. Mouchet P, (1989).**
Développement de la déferrisation biologique en France, TS M l'eau, 84,7/8, pp.401412.
- 147. Makoutode .M, Assani. A.K, Ouendo E-M, Agueh. V.D, Diallo. P, (1999).**
Quality and management of well water in Benin rural environnement .
- 148. Marchal. N, Bourdon, J.L. , Richard CI, (1991).**
Les milieux de culture pour l'isolement et l'identification biochimique des bactéries biologie appliquée .Nouvelle. Edition. P : 200, 206, 239.

149. **Montiel .A, (2007).**
Qualité de l'eau en élevage avicole, p455-459.Septième journée de la recherche avicole.
150. **Messaoud. S,Manai ,Federighi.M ,Dousset.X, (2013).**
Camylobacter dans la filière poulet .Etude bibliographique de stratégie de maîtrise au stade de l'élevage. Revue médecine vétérinaire, 164,2, P90-99.
151. **Maul A, Vagost D,Block J.C,(1989).**
Stratégies d'échantillonnage pour analyse microbiologique sur réseau de distribution d'eau, Tech et Doc Lavoisier Ed, Paris
152. **Michel P, d'Andrade lima. J.R.P, Brigas-Poulin. P, Ravel A. (2000).**
Development of agro-ecological sign to assess the hygienic pressure of animal production of Québec P, 85-88
153. **Mohyla P, Bilgili S.F,Oyarzabal O.A,Warf C.C,et Kemp G.K., (2007).**
Application of acidified sodium chlorite in the drinking water to control salmonella serotype thyphimurium and compylobactérejejuni in commercial broilers.16, P45-51.
154. **Mathieu L,Paquin J.L Block J.C ,Randon G,Maillard J ,Reasoner D ,(1992).**
Paramètres gouvernant la prolifération bactérienne dans les réseaux de distribution, rev.Sci.Eau.5 (N°spécial) pp91-112.
155. **MC-Crady M. H, (1915).**
The numerical interpretation of fermentation tube results. J. Infect diseases, 17, p. 163.
156. **Marteau P, Lavergne A, (1993).**
Clostridium, in: diarrhées aiguës infectieuses (Rambaud JC,Rampal P,eds). Doin, Paris, 113-122.
157. **Mégraud F, (1993).**
Camylobacter in : diarrhées aiguës infectieuses (Rambaud JC, Rampal p,ed).Doin,Paris, 91-100.
158. **Meicler C, Cerf M, (1993).**
Diarrhées à shigelles,à colibacilles entéro-hémorragiques. In :diarrhées aiguës Infectieuses, doin, Paris, 67-76.
159. **Marchal N, (1989).**
Analyse bactériologique des eaux de consommation. L'information du technicien Biologiste 2, 151-152.
160. **Noss C.I, Hauchman F.S, Olivieri V.P, (1986).**
Chlorine dioxide reactivity with proteins, wat. Res, 20, 3, p351-356

- 161. Nagy L.A ,kelly A.J,Thun M.A,Olson B.H,(1982).**
Biofilm composition, formation and control in yhe Los Angeles aqueduct system,proc. Jawwa wqtc, nashville,Tenn,USA,pp141-160.
- 162. Nemedi L,Lanyi B,(1971).**
Incidence and hygienic importance of pseudomonas aerugenosa in water. Acta microbiol acad sci Hung18, 2615-2619.
- 163. Otenq- Gyanq, K, (1984).**
Microorganismes p : 213-223.Introduction à la microbiologie alimentaires dans les pays chauds. Edition : technique et documentation –Lavoisier.
- 164. Olson, B.H, (1982).**
Assessment and implication of bactériel regrowth in water distribution system, U.S.EPA 2P82-072.
- 165. OMS, (1998).**
Norme européennes applicable à l'eau de boisson; normes internationales pour l'eau de boisson.
- 166. Organisation Mondiale de la santé OMS,(2000).**
Directives de qualité pour l'eau de boisson, deuxième édition. Volume 2 : critères d'hygiène et documentation à l'appui. Organisation mondiale de la santé. Genève.
- 167. Oliveri V.P,Bakalian A.E,Bossung K.W ,Lowther E.D ,(1985).**
Recurrent coliforms in water Distrbution systems, in the presence of free residual chlorine,in:water chlorination: chemistry, environmental impact and health effects,lewis publish,chelsea,Mich.USA,vol,5,pp651-666.
- 168. Oger C,Gavini F,Delattre JM,Leclerc H,(1981).**
Apropos des coliformes et de la colimétrie des eaux d'alimentation Ann microbiol. (Inst Pasteur).132 A, 183-189.
- 169. O'Shea,M.L and Field .R,(1992).**
Detection and disinfection of pathogens in storm-generated flows. Canadien Journal of Microbiology, 38:267-276.
- 170. Palin A.T, (1970).**
Détermining chlorine dioxide and chlorite jawwa, 62(8) p483.
- 171. Palin A.T, (1974).**
The application of DPD methods to the determination of chlorine dioxide and chorite in water with special reference to a modified Titrimetric procedure J.Inst.WTR.Engrs, 28p139.169, Pineau C, 2009.Cahier Technique, Produire du poulet de chair; p2-6.

172. **Palin A.T, Saunier B ,1970.**
La cinétique de la chloration au point de rupture : application à l'élimination de l'ammoniaque des eaux potables et des eaux usées tribune du cebedeau, 402, p228.
173. **Payment, P.and Harteman,P ,(1998).**
Les contaminants de l'eau et leur effets sur la santé. Revue des sciences de l'eau, N°spécial. (1998) :199-210.
174. **Paquin J.L, Vanelle A, Campese R, Haryemann P, (1988).**
Etude de la prolifération microbienne induite par un matériau en contact avec l'eau, J.Francais hydrobiol, 19, 1, pp29-38.
175. **Paquin J.L, Block J.C, Haudidier K, Hartemann P, Colin F, Miazga J, Levi Y, (1991).**
Effet du chlore sur la colonisation bactérienne d'un réseau expérimental de distribution d'eau, rev, sci, eau, 5, pp399-414.
176. **Pastoret P.P, Govaerts .A, Bazin. H, (1990).**
Immunité non spécifique P : 14. Immunologie animale. Edition : Flammarion et C^{ie}
177. **Puterflam J, (2000).**
Microorganismes et symptômes impliqués dans les entérites en volailles de chair. Itavi, p 25.
178. **Poivelet D, (2001).**
Protégez la tête de captage .Réussir aviculture, 72 : p18-1.
179. **Pechere JC, (1982).**
Distinguer les principales causes de diarrhée d'origine bactérienne P : 263 in les infections, 4ème triage. Edition : Maloine S.A.
180. **Pilet Ch., Bourdon J.L, Toma B, Marchal .N, Bal Baster .C, (1979).**
Caractères morphologiques et pouvoir pathogènes des entérobactéries , 2^{ème} édition. Bactériologies médicale et vétérinaire édition: doin éditeur – paris.
181. **Pupin .P, Leorat.J, Dronneau A, (2013).**
Qualité de l'eau. La lettre synthèse élevage. P2-6.
182. **Pearson A .D, Greenwood.M , Healing T.D, Rollins .D, Shahamat .M, Donaldson. J and Colwell R.R, (1993).**
Colonization of broiler chickens by water born campylobacter jejuni applied and environmental microbiology, 59 (4); P: 87-996
183. **Rice, E.W, Johnson, C.H, Wild D.Kand, Reasoner D.J, (1992).**
Survival of escherichia coli 0157:7 in drinking water associated with a waterborne disease outbreak of hemorrhagic colitis. Letters in applied microbiology, 15:38-40.

- 184. Pedros-Alio C, et Brock T.D, (1983).**
The importance of attachment to particles for planctonic bacteria, hydrobiology, 98pp 354- 379.
- 185. Ruff M., Augustine P.C ET Madden P.A, (1981).**
Eimeria meleagridis, e, adenoeies, and E. Dispersa: severity of infection and changes in the intestinal mucosa of the turkey.
- 186. Rodier J et all, (2005).**
La signification hygiénique des germes ; p :776-809, l'analyse de l'eau ;^{8^{ème}} edition : Dunod, Paris.
- 187. Rodier J ; Legube, B et Merl N et al,(2009).**
L'analyse de l'eau 9^{ème} edition Dunod, Paris.
- 188. Ravel. A, D'Andrade Lima J.R.P, Bigras – Poulin. M, Michel. P,(2000).**
Contamination de l'eau pour les entérobactéries. Evaluation de la pression hygiénique de la production animale dans les régions rurales du Québec. Rapport préparé dans l'université de Montréal.
- 189. Rankin J.J, (1918).**
Acidity. Determination in water, leach liquors, mina waters, etc. Met, chemi, Eng, p, 18-96.
- 190. Ravarini P et Coutelle J,Damez F,(1988) .**
L'usine de dennemont,une unité de dénitrification-nitrification à grande échelle, TSM l'eau, 83, 4, pp235-240.
- 191. Rumeau M, (1982).**
Mécanismes d'action de divers bactéricides, in : point sur l'épuration le Traitement des effluents. Tec et doc Lavoisier ed, Paris, Vol.1
- 192. Roy D,Wong P.K.Y,Engelbrecht R.S,Chian E.S.K,(1981).**
Mechanism of enteroviral inactivation by ozone, appl. Envir.Microbiol, 41; 3, p718-723.
- 193. Richard C, (1990).**
Actualités des samonelles en1990.L'information du technicien biologiste 3,172-180, p61, 62 et 67.
- 194. Richard C, (1998).**
Les eaux, les bactéries, les hommes et les animaux, editions scientifiques et médicales elsevier. Paris, p 41-42-43-44-45.
- 195. Richard C, (1991).**
Pseudomonas aeruginosa de l'environnement à l'hopital. L'eurobiologiste , p 25, 363-369.

- 196. Richard C, (1985).**
Un milieu permettant l'identification rapide et économique des colonies de *Escherichia coli* : le bouillon lactose bilié vert brillant L-tryptophane.
Ann Inst Pasteur / Microbiol 136 B, 249-252.
- 197. Singer P.C, (1990).**
Assessing ozonation research needs in water treatment, *Jawwa*, 82,10, pp78-88.
- 198. Souilem et Gogny.M, (1994).**
Particularité de la physiologie du tube digestif chez la volaille, P : 525-537.
Revue. Méd. Vét., 145, 7.
- 199. Salem S. Rao ,Paolini D et Corry G.L ,(1984) .**
Effects of low -pH stress on the morphology and activity of bacteria from lakes. In *hydrobiologie*, 114, 115 – 121.
- 200. Stranch.D , (1991).**
Survival of pathogenic micro-organism and parasites in excreta, manure and sewage sludge. *revue's. tech. Off.int. epiz*, 10(3): 813- 846
- 201. Sutra. L, et Federighi. M, et Jouve. J.L, (1998).**
In manuel de bactériologie alimentaire.
- 202. Singleton P, 2004.**
Les bactéries en médecine p311-366, *bactériologie* : édition Dunod.
- 203. Seidlere R.J, Morrow J.E,Bagley S.T,(1977).**
Klebsiellae,in drinking water emanating from redwood tanks, *appl, envir, microbiol*, 33, pp893-900.
- 204. Seidlere RJ, Earnhardt k.B,(1980).**
Chlorine-Resistant *Coliform*; themuncie, indiana, experience, *proc.Jawwa WQTC*, Miami Beach,Fla,USA.
- 205. Haffer P.T.B,Metcalf T.G,Sproul O.J, (1980).**
Chlorine resistance of poliovirus isolants recovered from drinking water, *appl.Envir.Microbiol*, 40p1115-1121.
- 206. Servais P, Billen G,Laurent P,Levi Y,Randon G , (1992).**
Etude de la dynamique du CODB et des bactéries dans le réseau de distribution de la banlieue nord de Paris, *rev, sci, eau*, 5, pp 69-89.

- 207. Schwartzbrod, L, (1992).**
Virologie des eaux: aspects épidémiologiques. Microbiologie-Aliments-Nutrition, 10 :213-222.
- 208. Tazi-Pain A, Leborgne R, Butte J.N, (1991).**
L'installation de microfiltration tangentielle sur membrane: Premier bilan après un an d'exploitation, eau indus, uuis, 146, 5, pp48-51.
- 209. Travel A, Bouvarel I, Chevalier D, Fulbert L, (2006).**
Limited the either non-specific or diarrhea for birds between 20 and 42 daysold. p5-143.
- 210. Travel A, Chevalier D, Merlet F, Fulbert L. (2007).**
Factors of variations of the bacteriological water quality P537-540.
- 211. Traore. A, (2015).**
Guide Technique et économique, d'un élevage de poulet de chair.
- 212. Thébault P, (1990).**
La Dénitrification Biologique : le point de vue des exploitants (document Lyonnaise des eaux).
- 213. Urone .P, Bonae .E, (1960).**
Colorimetric determination of chlorates in well waters, Anal chem. 32(12) p, 1966.
- 214. L'U.S. EPA, (1989).**
Guidance manual for the compliance with the filtration and disinfection requirements for public water system using surface water supplies, Washington . D.C, USA.
- 215. Villina Fernandez .E et all, (2003).**
L'eau et la qualité de litière, In technicien en élevage tome II Edition : cultural, S, A.
- 216. Villate D, (2001).**
Le choix du désinfectant et la méthode p : 368-379. In maladies des volailles, 2^{ème} édition : France agricole.
- 217. Vaillant .JR, (1973).**
Rappel des caractères des eaux de diverses natures p 16-18 ; protection de la qualité des eaux et maîtrise de la pollution. Edition : Eyrolles.
- 218. Verozy – Rozand .C, (2002).**
Présence d'E .Coli 0157 :H7 dans l'eau, in revue méd. Vêt, 153, 4, P : 235 – 242.

- 219. Vander Wende .E et Characklis W.G,(1990).**
Biofilms in potable water distribution systems p: 115, in micriobiologie des eaux d'alimentations. Édition : Lavoisier.
- 220. Vienot E, (2005).**
Le dioxyde de chlore arrive à bout des biofilms. Filières avicoles, 673 :70-71.
- 221. Vander Horst Florancel,(1988).**
La production de poulet de chair, guide d'élevage du poulet de chair p - 4.
- 222. Vienot E, (2004 a).**
Comment choisir, installer et entretenir sa pompe doseuse. Filière Avicole, 662:73-74.
- 223. Vienot E,(2002).**
La chasse aux fientes molles passe par le traitement de l'eau. Filière Avicole, 646:134-136.
- 224. Venkobachar .C, Iyengar .J, Prabhakara .Rao A.V. S, (1975).**
Mechanism of disinfection, wat. Res, 9, p119-124
- 225. Van Der Koou D,Visser A,Hunen W.A.M,(1982).**
Determining the concentration of easily assimilable.
Organic Carbonin Drinking Water, Jawwa, 74, 10, pp540545.
- 226. Vienot E. (2004) b.**
L'hygiène de l'eau de boisson, un préalable dans tout élevage, filières avicoles, 662 :p51-55.
- 227. Vial. J, Geoffray. C,(1980).**
Influence du délai de conservation des échantillons sur les
Dénombrements des indicateurs fécaux dans les eaux destinées à l'alimentation.
T.S.M., L'eau, 3, p. 110.
- 228. Volk C,Renner C,Jorret J.C,(1992) .**
La mesure du CODB. Un index de reviviscence bacteriennes des eaux, rev, sci, eau, 5, pp189-205.
- 229. Véron M, Fauchère JL, (1989).**
Campylobacter In : bactériologie médicale, 2^{ème} ed (Le Minor L, Véron M, eds).
Flammarion Médecine-Science, Paris, 694-730
- 230. Wilson. W O et Edwards W H,(1952).**
La température de l'eau p : 31 .In alimentation du poulet et de la poule pondeuse, 1969. Édition : VIGOT frères - Paris.

- 231. Whitman et al, (1995).**
Use of coli form bacteria in assessing human sewage contamination. Natural areas J.15: 227 – 233.
- 232. Watson H.E,(1908)a.**
Note on the variation of the Rate of disinfection with the change in the concentration of disinfectant, J.Hyg, 8, pp536-542.
- 233. Walsh S.M. et Bissonnette G.K,(1983).**
Chlorine –Induced damage to surface adhesins during sublethal injury of enterotoxigenic eschrichia coli, appl . Envir. Microbiol, 45,3 p1060-1065.
- 234. Wolfe R.L,Lieu N.I,Izguirre G,Means E.G,(1990).**
Ammonia-Oxidizing bacteria in a chloraminated distribution system.distribution,and disinfection resistance, appl. Envir microbiol,56,2,pp451-462.
- 235. Weir D. M, (1972).**
Les bases fondamentales et cliniques, immunologie, infection, immunité, et protection p116-117-118-119-120-121-122.4^{eme} édition.
- 236. Wallace R, (1963).**
Conception actuelle de la rentabilité en aviculture, médicaments p30.
- 237. Yvore. P, (1992).**
Les coccidioses en aviculture p : 313,317.In manuel de pathologie.
Edition: maison Alfort.
- 238. Zaki,A,Ait Chaoui,A,Talibi,A,Derouiche,A.F ,AboussaouiraT,Zarrouck,K, Chait,A and Himmi,T,(2004).**
Impact of nitrate intake in drinking water on the throid gland activity in mal rat toxicol.Lett.147:27-33.
- 239. Vermeulen B,De Backer,P,and Remon,J.P,(2002).**
Drug administration to poultry.adv.drug deliv.rev.54:795-803.Review.

Sites Web consultés

- 240 :** <http://www.synthese-elevage.com.www.youtube.com/user/synthese> 35
(Consulté le 6 septembre 2013).
- 241 :** [http://synagri.com/synagri/etude et référence 00024058](http://synagri.com/synagri/etude-et-referance-00024058) (consulter le 17 septembre 2014).
- 242 :** [http://www.hybrid-turkeys.com/le potentiel d'oxydoréduction \(POR\)/Ficheinfo](http://www.hybrid-turkeys.com/le-potentiel-d-oxdoréduction-(POR)/Ficheinfo)
- 243 :** [http://www.Analyses de l'eau et normes d'eau potable](http://www.Analyses-de-l'eau-et-normes-d'eau-potable) (consulter le 05/03/2008).
- 244 :** [http://Documents.Innovalor.com/1426/l'eau de javel](http://Documents.Innovalor.com/1426/l'eau-de-javel) (consulter le 30/08/2005).
- 245 :** <http://www.Lenntech.com/Francais/désinfection/désinfectant.htm> (consulter le 07/04/2006).
- 246 :** [http://www.aviagen.com/Ross Tech Note Optimisation de l'indice de consommation du poulet de chair](http://www.aviagen.com/Ross-Tech-Note-Optimisation-de-l'indice-de-consommation-du-poulet-de-chair)
- 247 :** <http://www.aviagen.com>, Poulet Manuel d'élevage (consulter le 2014).
- 248 :** [http:// www.msd-animal-health.com](http://www.msd-animal-health.com) (consulter le 01. 2013). Important Poultry Diseases
- 249 :** [http://www.itavi.asso.fr/batiment/plaquette maitrise eau.pdf](http://www.itavi.asso.fr/batiment/plaquette-maitrise-eau.pdf) (consulter le 17/09/2014).
- 250 :** [http://www.itavi.fr/batiment d'élevage de demain](http://www.itavi.fr/batiment-d-elevage-de-demain) (consulter le 22, 23, et 24 Février 2017).
- 251 :** [http://www.aviculture eau maroc.com](http://www.aviculture-eau-maroc.com) (consulter le 29 Juillet 2017).
- 252 :** <http://www.synthese-elevage.com> (consulter le 13 septembre 2013).
- 253 :** [http://WWW ; ussec.org](http://WWW-ussec.org). Guide de biosécurité dans les élevages avicoles (Consulté le 29/Janvier/2019)
- 254 :** E-mail : c.r.d.p.aquitaine@ac-bordeaux.fr
Centre régional de documentation pédagogique d'aquitaine, (2002).
ANALYSE DES EAUX : Collection BIOLOGIE TECHNIQUE
Aspects réglementaires et technique

معالجة مياه الشرب و تأثيرها على صحّة الدواجن

ملخص:

تتناول الدراسة الحالية مجموعتين من الدجاج اللّاحم تنتميان لنفس حظيرة الدواجن الكائنة بحامة بوزيان، حيث أن لكل مجموعة مصدر شرب مختلف، ماء البئر الغير معالج و ماء شبكة المياه المعالج. تهدف هذه الدراسة إلى إظهار أهمية وضرورة معالجة مياه الشرب عن طريق مراقبة النوعية البكتريولوجية للمياه التي أجريت انطلاقا من مصدر المياه وصولا إلى أنابيب المبنى (من اليوم 0 إلى اليوم 42). خضع الماء للتحليل الفيزيائي الكيمايى بالمبنى من أجل تحديد النوعية الأولية للمياه. و تشير النتائج إلى أن العلاجات المضادة للبكتيريا (كالكلور) يمكنها أن تقلل إلى حد كبير من التلوث البكتيري في أنابيب المبنى خلال عملية التربية. لضمان فعالية هذه العلاجات، من الضروري احترام احتياطات استعمال المنتجات (مراقبة الجرعات و ضمان التوافق مع النوعية الفيزيائية و الكيمايئية للمياه). هذا و تأثر الخصائص الفيزيائية و الكيمايئية للمياه بشكل مباشر أيضا على النوعية البكتريولوجية للمياه، حيث أن المستويات المثلى هي كالآتي: درجة الحموضة > 7 الصلابة > 15 ° ف، المادة العضوية > 2 ملغ / لتر، الحديد > 0.2 ملغ / لتر، النترات > 50 ملغ / لتر. هناك عوامل مثل طريقة التزويد بالمياه (الآبار / الحفر، المنشآت) الآلات و المعدات (حوض الشرب، عدم وجود مرشح ذو دائرة مزدوجة، عدم وجود مخفضات الضغط)، من شأنها أن تزيد من خطر تلوث المياه عن طريق الجراثيم (إجمالي جراثيم الكلية و البرازية و المؤشرات).

أما بالنسبة للمعالجات، فإنّ التوافق مع الطبيعية الفيزيائية و الكيمايئية للمياه، مراقبة الجرعات المتبقية من الكلور، وكذا التنظيف و التطهير بما في ذلك اختيار المنتج المناسب، احترام وقت وضع الجرعات، تعد أساسية لضمان النوعية البكتريولوجية للمياه.

الكلمات المفتاحية: المعالجة بالكلور، ماء الشرب، الفرش، النوعية البكتريولوجية للمياه، الخصائص الفيزيائية و الكيمايئية للمياه، الصحّة، الدجاج اللّاحم.

REALISE PAR :

CHERIFA BOUMEDDOUS

N° : 56 /DS / 2019

SÉRIE : 01 / Vété / 2019

Le Traitement de l'eau de boisson et son impact sur la sante des volailles

RESUME

L'étude a porté sur deux lots de poulet appartenant à un même bâtiment d'élevage à Hamma Bouziane de poulets de chair, dont la source d'abreuvement est assuré par l'eau de puits non traité et l'eau de réseau traitée, notre objectif été de montrer l'importance et la nécessité de traiter l'eau de boisson en suivant le contrôle de la qualité bactériologique de l'eau effectué depuis l'origine de l'eau jusqu'au bout de ligne (à J0 et à J42).

L'eau, a fait l'objet d'une analyse physico-chimique au bâtiment afin de caractériser la qualité initiale les résultats indiquant que les traitements antibactériens permettent de limiter significativement les contaminations bactériennes dans les canalisations du bâtiment au cours de bande en vue de garantir l'efficacité de ces traitements, il est indispensable de respecter les précautions d'emploi des produits (dose et de veiller à l'adéquation avec la qualité physico-chimique de l'eau) les caractéristiques physico-chimiques de l'eau agissent également, directement sur la qualité bactériologique de l'eau, les teneurs optimales sont : PH<7, dureté

<15°F, matière organique <2mg/l, fer <0.2 mg/l, nitrate < 50mg/l.

Le mode d'approvisionnement des bâtiments « puits / forage, installations) le matériel et l'équipement (abreuvoir, absence de filtre, d'un double circuit). Sont autant des facteurs qui accroissent le risque de contamination de l'eau par les germes (flore total et indicatrice)

Pour les traitements (adéquation avec la physico-chimie de l'eau, contrôle des doses résiduelles) et le nettoyage et la désinfection (choix du produit, respect des temps d'action des dosages) ont un rôle essentiel sur la qualité bactériologique de l'eau.

MOTS-CLES : Chloration, Eau de Boisson, Litière, Qualité Bactériologue, Physico - Chimique, Santé, Poulet Chair

REALISE PAR :

CHERIFA BOUMEDDOUS

N° : 56 / DS / 2019

SÉRIE : 01 / Vété / 2019

Impact of Drinking Water Treatment on Poultry Health and Performances

ABSTRACT

The study was carried out on two flocks of broilers belonging to the same poultry barn in Hamma Bouziane, which drinking source is provided by untreated well water and treated tap water. Our aim was to demonstrate the importance and the need to treat drinking water by examining the bacteriological quality of water carried from the original source of water to the barn (in J0 and J42 days).

Water at the barn was analysed for physical and chemical parameters in order to determine the initial water characteristics. The results indicate that antibacterial treatments can significantly reduce bacterial contamination in water pipes during the breeding. To get the optimal effectiveness of these treatments, it is necessary to respect products recommendations (quantities and adapt the treatment to the physical and chemical water parameters).

Physical and-chemical water characteristics act directly on the bacteriological quality of water, optimal levels are: Ph <7 hardness <15°F, organic matter <2mg/l, iron<0.2 mg/l, nitrate < 50mg/l.

Origin of water (wells / drillings, facilities) material and equipments (drinking troughs, absence of double circuit filter and absence of pressure reducers) are all factors which increase the risk of water contamination by germs.(Total and indicator flora).Treatments (adaptation with the physical and chemical water parameters, control of residual amounts) as well as cleaning and disinfecting (choice of product, respect of the dosage action time) are needed to guarantee the bacteriological quality of water.

Key words: Chlorination, Quality of the Drink Water, Litter, Bacteriological Quality of Water, Physical and Chemical Water, Health, Broilers

REALISE PAR :

CHERIFA BOUMEDDOUS

N° : 56 / DS / 2019

SERIE : 01 / Vété / 2019

ملخص

تتناول الدراسة الحالية مجموعتين من الدجاج اللاحم تنتميان لنفس حظيرة الدواجن الكائنة بحامة بوزيان، حيث أن لكل مجموعة مصدر شرب مختلف، ماء البئر الغير معالج و ماء شبكة المياه المعالج. تهدف هذه الدراسة إلى إظهار أهمية وضرورة معالجة مياه الشرب عن طريق مراقبة النوعية البكتريولوجية للمياه التي أجريت انطلاقا من مصدر المياه وصولا إلى أنابيب المبنى (من اليوم 0 إلى اليوم 42). خضع الماء للتحليل الفيزيائي الكيميائي بالمبنى من أجل تحديد النوعية الأولية للمياه. وتشير النتائج إلى أن العلاجات المضادة للبكتيريا (كالكلور) يمكنها أن تقلل إلى حد كبير من التلوث البكتيري في أنابيب المبنى خلال عملية التربية. لضمان فعالية هذه العلاجات، من الضروري احترام احتياطات استعمال المنتجات (مراقبة الجرعات وضمان التوافق مع النوعية الفيزيائية والكيميائية للمياه). هذا و تأثر الخصائص الفيزيائية والكيميائية للمياه بشكل مباشر أيضا على النوعية البكتريولوجية للمياه، حيث أن المستويات المثلى هي كالتالي: درجة الحموضة > 7 الصلابة > 15 ° ف، المادة العضوية > 2 ملغ / لتر، الحديد > 0.2 ملغ / لتر، النترات > 50 ملغ / لتر. هناك عوامل مثل طريقة التزويد بالمياه (الآبار / الحفر، المنشآت) الآلات والمعدات (حوض الشرب، عدم وجود مرشح ذو دائرة مزدوجة، عدم وجود مخفضات الضغط)، من شأنها أن تزيد من خطر تلوث المياه عن طريق الجراثيم (إجمالي جراثيم الكلية و البرازية و المؤشرات). أما بالنسبة للمعالجات، فإن التوافق مع الطبيعية الفيزيائية والكيميائية للمياه، مراقبة الجرعات المتبقية من الكلور، وكذا التنظيف والتطهير بما في ذلك اختيار المنتج المناسب، احترام وقت وضع الجرعات، تعد أساسية لضمان النوعية البكتريولوجية للمياه.

الكلمات المفتاحية: المعالجة بالكلور، ماء الشرب، الفرش، النوعية البكتريولوجية للمياه، الخصائص الفيزيائية والكيميائية للمياه، الصحة، الدجاج اللاحم.

RESUME :

L'étude a porté sur deux lots de poulet appartenant à un même bâtiment d'élevage à Hamma Bouziane de poulet de chair, dont la source d'abreuvement est assuré par l'eau de puits non traité et l'eau de réseau traitée, notre objectif été de montrer l'importance et la nécessité de traiter l'eau de boisson en contrôlant la qualité bactériologique de l'eau depuis la source jusqu'au bout de ligne (à J0 et à J42).

L'eau, a fait l'objet d'une analyse physico-chimique au bâtiment afin de caractériser la qualité initiale les résultats indiquant que les traitements antibactériens permettent de limiter significativement les contaminations bactériennes dans les canalisations du bâtiment au cours de bande en vue de garantir l'efficacité de ces traitements, il est indispensable de respecter les précautions d'emploi des produits (dose résiduelle du chlore et de veiller à l'adéquation avec la qualité physico-chimique de l'eau) les caractéristiques physico - chimiques de l'eau agissent également, directement sur la qualité bactériologique de l'eau, les teneurs optimales sont : $\text{pH} < 7$, dureté $< 15^\circ\text{F}$, matière organique $< 2\text{mg/l}$, fer $< 0.2\text{ mg/l}$, nitrate $< 50\text{mg/l}$.

Le mode d'approvisionnement des bâtiments « puits / forage, installations) le matériel et l'équipement (abreuvoir, absence de filtre, d'un double circuit). Sont autant des facteurs qui accroissent le risque de contamination de l'eau par les germes (flore total et indicatrice) Pour les traitements (adéquation avec la physico - chimie de l'eau, contrôle des doses résiduelles) et le nettoyage et la désinfection (choix du produit, respect des temps d'action des dosages) ont un rôle essentiel sur la qualité bactériologique de l'eau.

MOTS-CLES: Chloration, Eau de Boisson, Litière, Qualité Bactériologique, Physico - Chimie, Santé, Poulet de Chair

ABSTRACT:

The study was carried out on two flocks of broilers belonging to the same poultry barn in Hamma Bouziane, which drinking source is provided by untreated well water and treated tap water. Our aim was to demonstrate the importance and the need to treat drinking water by examining the bacteriological quality of water carried from the original source of water to the barn (in J0 and J42 days).

Water at the barn was analysed for physical and chemical parameters in order to determine the initial water characteristics. The results indicate that antibacterial treatments can significantly reduce bacterial contamination in water pipes during the breeding. To get the optimal effectiveness of these treatments, it is necessary to respect products recommendations (quantities and adapt the treatment to the physical and chemical water parameters).

Physical and-chemical water characteristics act directly on the bacteriological quality of water, optimal levels are: $\text{pH} < 7$ hardness $< 15^\circ\text{F}$, organic matter $< 2\text{mg/l}$, iron $< 0.2\text{ mg/l}$, nitrate $< 50\text{mg/l}$.

Origin of water (wells / drillings, facilities) material and equipments (drinking troughs, absence of double circuit filter and absence of pressure reducers) are all factors which increase the risk of water contamination by germs. (Total and indicator flora). Treatments (adaptation with the physical and chemical water parameters, control of residual amounts) as well as cleaning and disinfecting (choice of product, respect of the dosage action time) are needed to guarantee the bacteriological quality of water.

Key words: Chlorination, Quality of the drink Water, Litter, Bacteriological Quality of Water, Physical and Chemical Water, Health, Broilers